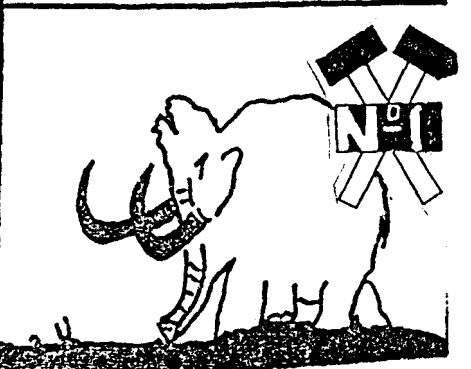
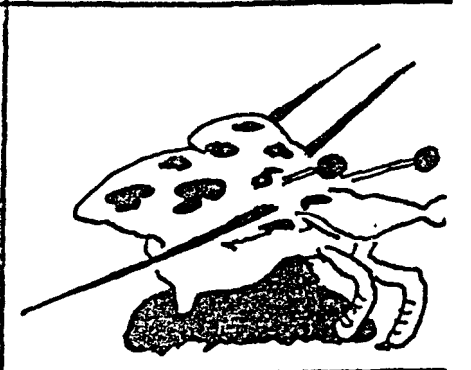
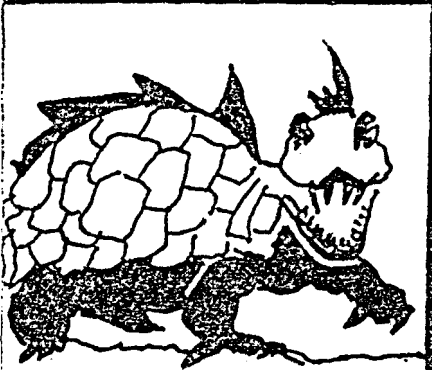


# GEOLOGIA Y INERIAN



Director: Octavio Puche Riart.

Subdirector Jefe de Redacción: Luis Mansilla Plaza.

Comisión Asesora de Redacción: Emiliano Almansa Rodríguez, Pedro Aráquez Ruiz, M. Concepción Avilero Nieto, José Ramón Carrillo Muñoz, José Mª Iraizoz Feraádez, José Mª Mata Perelló (Maansa), Angel Pérez Martínez, Lázaro Sánchez Castillo (Madrid), Feraado J. Terés Sierra.

Diseño Portada: Márquez Colorado.

Edita: Servicio de Publicaciones de la Escuela Universitaria Politécnica de Almadén.

Información y Publicidad: Departamentos de Prospección e Investigación Minera y Geología de la E.U.P.A.

C/ Manuel Meca, s/a, Almadén (Ciudad Real).

Depósito Legal: CR. 429-1986

## SUMARIO

- \* Organigrama de un proyecto de prospección minera ..... 3
- \* Programa FORTRAN para el cálculo de curvas de remanso en canales abiertos .... 5
- \* Relaciones de interés en hidráulica de captaciones de aguas subterráneas ..... 17
- \* Origen y formación de los basaltos olivíacos del volcán Duarte (Lanzarote) . 33
- \* Noticias ..... 37
- \* Página de inglés ..... 39

## EDITORIAL

Aquí estamos otra vez, con la ilusión del primer día. GEOLOGIA Y MINERIA vuelve a salir a la calle, tratando de cubrir los objetivos propuestos con anterioridad.

Os hemos fallado en algo: No ha sido posible publicar la Revista trimestralmente; pero, por otro lado, se han logrado ciertas metas. Muchos o ex-alumnos interesados por los temas geológico-mineros han encontrado una vía de publicación, siempre que sus artículos tuvieran, a nuestro entender, una mínima calidad. Además, compañeros y amigos han venido en nuestra ayuda, para mantener este pequeño vehículo de cultura, animándonos con sus cartas y llamadas. Por último, tenemos que añadir el estar recibiendo de forma ordenada bastante material, lo que nos impulsa a pensar en los futuros números.

Quisiéramos aprovechar estas líneas para dar las gracias a todas las personas que, moral o materialmente, van a hacer posible esta publicación.



UNIVERSIDAD CASTILLA-LA MANCHA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA  
DE INGENIERIA TÉCNICA  
MINERA E INDUSTRIAL

ALMADÉN



EXPLOTACION DE MINAS

LABORATORIO DE CONCENTRACION DE MENAS

*Estudios e informes sobre posibilidades de preparación y con  
centración de Menas. Viabilidad comercial de procesos.*

*Realización de ensayos de laboratorio previos y toma de deci  
siones.*

*Certificación Oficial de los ensayos.*

- Trituración.
- Molienda.
- Curvas granulométricas.
- Curvas Sedimentográficas.
- Clasificación y ciclonado.
- Determinación de tamaños de liberación.
- Concentración por flotación.
- Concentración por medios densos.
- Concentración por gravimetría.

*Solicitudes y Consultas: Escuela Universitaria Politécnica de Al  
madén. Ciudad-Real. telefono: 19261 71 05 77. Dpto. EXPLOTACION  
DE MINAS.*

# ORGANIGRAMA DE UN PROYECTO DE PROSPECCION MINERA.

Por Luis MANSILLA PLAZA.

E.U.P. ALMADEN

Atendiendo a la escala a la que se vaya a realizar un proyecto de prospección minera, se pueden distinguir tres categorías:

a) El propietario de un permiso de investigación persigue un objetivo limitado, que consiste en revalorizar con los menores gastos su propiedad minera, bien para su explotación o para especular con su posible valor. Efectúa pequeñas labores, generalmente calicatas y, en el segundo caso, envía algunas muestras a un laboratorio especializado, que no son representativas, pero sí muy útiles en el momento de las negociaciones.

b) Una empresa privada sabe que necesita la utilización rápida de medios importantes para decidir si se explota o no una cierta zona. Dirige sus esfuerzos a minerales de su especialidad, para asegurar los suministros que necesita, o para descubrir yacimientos con probabilidad de éxito inmediato. La intensidad de las investigaciones dependen de los resultados del último ejercicio de las actuales o, a corto plazo, perspectivas de un determinado mineral. Estas empresas pueden o no tener un equipo propio, según sus posibilidades.

c) Un organismo especializado dedica toda su actividad a la investigación, que es el producto que vende, contando con un cuadro técnico y equipos con materiales idóneos.

Ahora bien, la elaboración de un proyecto va a depender finalmente del presupuesto con que se cuente para realizarlo. Este interés económico es una circunstancia que depende propiamente del grado de desarrollo tecnológico y del mercado, pero no afecta a la línea base de su metodología, que será el punto principal del desarrollo de este artículo.

Sentadas estas bases, falta por añadir

que, en investigaciones mineras, es normal guiarse por criterios de tipo excluyentes, teniendo en cuenta las condiciones necesarias, para evitar trabajos estériles, y centrarse en las áreas de más posibilidad.

En la elaboración de un proyecto, se tienen en cuenta dos fases fundamentales, que llamaremos PREPARATORIA y PRINCIPAL, que a su vez están divididas en subfases o etapas.

## FASE PREPARATORIA.

Esta se inicia con la recopilación de la documentación existente en la zona. Comprendiendo ésta:

- Mapas y ficheros de indicios.
- Publicaciones al respecto de la zona. Revistas.
- Labores antiguas, situación de concesiones.
- etc.

En esta fase también se incluyen estudios sobre selección de métodos geoquímicos y geofísicos más apropiados, sobre posibilidades de accesos, agua, energía eléctrica y mano de obra, sobre topografía, y clima para la evaluación de trabajos geológicos a diferentes escalas, y sobre otros factores que vayan a influir en el desarrollo del proyecto a realizar.

Esta fase conduce a la determinación de áreas con potencialidad minera, y a la elaboración de un proyecto que se va a desarrollar en la fase principal.

En esta fase, aunque no puede evaluarse aún la probabilidad de éxito, sí puede compararse con la de investigaciones análogas, influyendo en la magnitud de la inversión global prevista.

## FASE PRINCIPAL.

Una vez admitidas las hipótesis de partida y establecido, en consecuencia, el programa de trabajo que se ha decidido realizar, se pasa a la investigación propiamente dicha (fase principal), que dividiremos, a su vez, en distintas etapas.

### a) Estudios regionales. (Prospección regional).

Constituyen éstos un reconocimiento preliminar que se extiende a la totalidad del yacimiento, para precisar el carácter de las mineralizaciones y llegar a una estimación de las áreas de interés actual, las áreas sin interés actual y las áreas totalmente desfavorables.

En esta etapa se trabaja a escalas del orden de 1:50.000, realizando estudios y mapas geológicos de carácter específico, estudios de indicios de campo, estudios de controles y guías mineralógicas, ensayos en campo de técnicas geofísicas y geoquímicas y alguna que otra calicata minera u obra de reconocimiento para estudios de laboratorio.

### b) Estudios de detalle. (Estimación del potencial minero).

Esta etapa constituye ya un reconocimiento sistemático, de detalle, como su propio nombre indica, que se fija en las zonas que han quedado como particularmente favorables o de interés actual.

Las escalas de trabajo son del orden de 1:10.000, y el objetivo principal que se persigue es concluir sobre la existencia y, en su caso, ubicación de probables yaci-

mientos.

Es en esta parte del proyecto cuando las técnicas geofísicas y geoquímicas tienen su principal utilidad, evitando la ejecución de trabajos en las zonas menos favorables, para dar paso a la realización de los primeros sondeos de investigación en la zona de estudio que permitan realizar una primera estimación.

### c) Evaluación. (Valoración de yacimientos).

El objetivo de ésta es la determinación de las reservas mineras seguras y probables (susceptibles de ser económicamente explotables). Las escalas de trabajo estarán generalmente comprendidas entre 1:2.000 y 1:100, empleándose en ella campañas de sondeos sistemáticas, algunos pozos y galerías y un estudio geoestadístico de los parámetros físicos y de leyes del depósito a investigar.

### d) Estudios de viabilidad minera. (Rentabilidad).

Se caracteriza por la realización de una serie de estudios como: mercados, infraestructura, oferta y demanda del material, tendencias, estudios económicos y financieros, etc., que de alguna manera conduzcan a determinar la rentabilidad económica del yacimiento.

No podemos terminar este organigrama sin hacer constar que, en todo proyecto de prospección minera, se deberá incluir un apartado dedicado a otros capítulos como el de presupuesto, pliego de condiciones, etc., que también forman parte de éste.

## ORGANIGRAMA DE UN PROYECTO DE PROSPECCION MINERA

- A) FASE PREPARATORIA
  - Recopilación de documentación.
  - Primeros estudios.
  - Estudios regionales. (Prospección regional).
- B) FASE PRINCIPAL
  - Estudios de detalle. (Estimación del potencial minero).
  - Evaluación. (Valoración de yacimientos).
  - Estudios de viabilidad minera. (Rentabilidad).

# PROGRAMA " FORTRAN "

## PARA CALCULAR CURVAS DE REMANSO EN CANALES ABIERTOS.

Por Luis Alberto BALLESTEROS.

Ingeniero Técnico de Minas.

Existen muchas ocasiones en la vida profesional del ingeniero en que es preciso diseñar un canal de conducción de aguas, un vertedero para alguna estación de aforo o incluso tanques amortiguadores para disipación de energía. En cualquiera de estos casos puede ser útil, y muchas veces imprescindible, hacer un estudio previo del comportamiento de la corriente de agua en el canal.

Este artículo ofrece el programa de ordenador que facilitará la visualización del comportamiento del flujo en la futura construcción. Junto a él, un ejemplo de salida de datos para un problema concreto.

El programa está escrito en lenguaje FORTRAN 77 y se ha probado en un ordenador DIGITAL, modelo VAX 11/730 perteneciente a la Cátedra de Cálculo Numérico e Informática en la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

### INTRODUCCION.

El programa utiliza, tanto para secciones rectangulares ( $Z=0$ ) como para secciones trapezoidales simétricas ( $Z=1$  p.e. sería para inclinaciones en las paredes de  $45^\circ$ ), o incluso para secciones triangulares haciendo el ancho del fondo igual a cero.

La rugosidad en el canal, así como el material de que está construido se especifica según la siguiente tabla de valores promedio del Factor de Manning.

| <u>MATERIAL</u>     | <u>FACTOR DE MANNING</u> |
|---------------------|--------------------------|
| Madera cepillada    | 0.012                    |
| Madera sin cepillar | 0.013                    |
| Concreto acabado    | 0.012                    |
| Concreto sin acabar | 0.014                    |
| Hierro fundido      | 0.015                    |
| Ladrillo            | 0.016                    |
| Acero para remaches | 0.018                    |
| Metal corrugado     | 0.022                    |
| Piedra de cantera   | 0.025                    |
| Tierra              | 0.025                    |
| Tierra con hierbas  | 0.023                    |
| Grava               | 0.029                    |

Una vez leídos los datos de entrada, se calcula el calado crítico y el calado normal por el método de la bisección. Posteriormente se clasifica el flujo en el canal (según la corriente de líquido sea rápida o lenta) y de esta forma se determina el tipo de curva a la que pertenece.

Una vez hechos estos cálculos preliminares, se procede a la determinación de la curva junto con dos parámetros de vital importancia a la hora de interpretar los resultados: la energía específica y la cantidad de movimiento.

El número de intervalos escogidos es el número de puntos que obtendremos de la curva y yo he utilizado 35. Podría hacerse escogido cualquier otro número con tal que se adapte a lo que vamos buscando.

### ECUACIONES CONSTITUTIVAS.

El programa está diseñado para un flujo gradualmente variado, que constituye una clase especial del flujo permanente no uniforme. En este tipo de escurrimientos, el

área, la rugosidad, la pendiente del fondo y el radio hidráulico prácticamente se mantienen constante a lo largo del canal. De esta forma se puede estudiar con relativa facilidad la evolución de la superficie libre en el canal.

La Mecánica de los Fluidos nos permite realizar el estudio del calado en cualquier punto del canal mediante la expresión:

$$y = \frac{S_o - (nQ/C_m A R^{2/3})^2}{1 - Q^2 T/gA^3} dx$$

Donde:

y = Calado  
S<sub>o</sub> = Pendiente del canal  
n = Factor de Manning  
Q = Caudal  
C<sub>m</sub> = Constante (1 para el S.I.)  
A = Área de la sección  
R = Radio hidráulico  
P = Perímetro mojado  
T = Ancho de la superficie libre  
g = Aceleración de la gravedad  
x = Distancia

Cuando el denominador en el integrando es cero, prevalece el flujo crítico (por debajo del crítico el flujo es rápido y el control se realiza aguas arriba, y cuando el flujo es superior al crítico, la corriente se gobierna desde aguas abajo, el flujo es lento).

Cuando el numerador en el integrando es cero, prevalece el flujo uniforme y no se tiene ningún cambio de calado a lo largo del canal. El escurrimiento se encuentra en su tirante normal.

Si definimos la energía específica como la energía por unidad de peso, tomando como base de referencia para los niveles el fondo del canal, y la expresamos por

$$E = Y_c + \frac{Ac}{2 Tc}$$

esta expresión indica que la energía es mínima cuando la velocidad es crítica. Esto se puede ver en la figura 1.

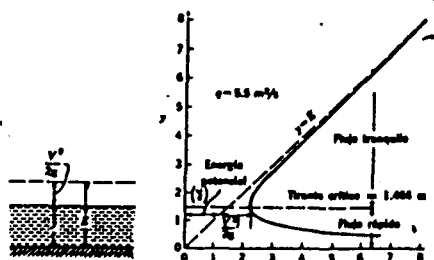


Figura 1 Energía específica para varios tirantes, dado un gasto.

Cuando se tiene un flujo uniforme en un canal abierto, la línea de cargas totales tiene una pendiente paralela al fondo del canal, resultando así una disminución gradual uniforme de la energía disponible; sin embargo, la energía específica permanece constante a lo largo del canal.

El salto hidráulico siempre se presenta desde un tirante menor a uno mayor que este valor. De esta forma, el salto siempre ocurre de régimen rápido a régimen tranquilo. El hecho de que la energía disponible se pierda en el salto, hace imposible que se tenga un brusco cambio del tirante conjugado mayor al tirante conjugado menor.

Los tirantes conjugados se relacionan con el número de Froude según la expresión

$$F_2 = \frac{8F_1}{(V_1 + 8F_1 - 1)^3}$$

Para un flujo variado, la línea de cargas totales siempre tiene una inclinación hacia abajo en el sentido de la corriente, es decir, la energía específica puede aumentar o disminuir dependiendo de la pendiente de la solera del canal, del calado, de las características de la sección transversal y de la rugosidad.

La pérdida de carga en el salto hidráulico se puede observar fácilmente al dibujar la curva F+M (cantidad de movimiento) y la curva de energía específica para el mismo gasto, empleando la misma escala vertical. Los tirantes conjugados se muestran en las intersecciones de una línea vertical con la curva F+M (fig. 2). Se puede observar que la energía específica correspondiente al calado superior siempre es menor que la energía específica correspondiente al calado inferior conjugado.

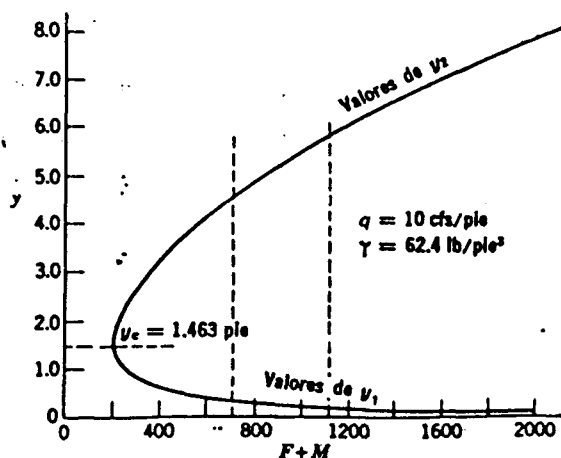


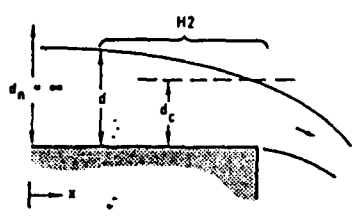
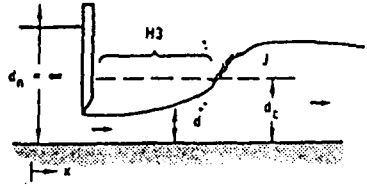
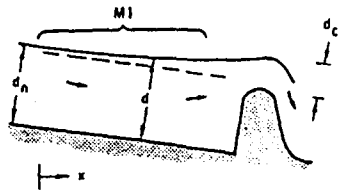
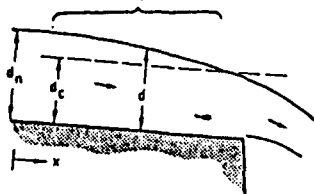
Figura 2 Curva F + M para un salto hidráulico.

Como ejemplo, sea un canal en el que el calado aumenta en el sentido de la corriente. La energía específica disminuye, acercándose al valor crítico para el cual se tiene energía específica mínima. Si el canal es lo suficientemente largo para que se alcance el calado crítico antes que se termine dicho canal, la corriente de alta velocidad aguas abajo de la compuerta puede quedar ahogada o presentarse un salto hidráulico. Los cálculos de la superficie del agua para un flujo subcrítico deben comenzarse a partir del calado crítico en el extremo aguas abajo del canal.

epígrafe anterior obtenemos varios tipos de perfiles de la superficie libre. En concreto son 12 las diferentes curvas que nos pueden aparecer según la pendiente del canal sea adversa, horizontal, moderada, crítica y pronunciada, y según el flujo esté por encima o por debajo del calado crítico y del normal. Sería largo e innecesario hacer una descripción detallada de los procedimientos de análisis empleados en la resolución de cada curva, que por otra parte se puede ver en cualquier manual de Mecánica de Fluidos. Como resumen de los diferentes tipos de curvas que se nos pueden presentar, adjunto una tabla simplificada con los gráficos de cada perfil.

#### CLASIFICACION DE LOS PERFILES.

Al solucionar la ecuación dada en el

| Case and Description   | Depth, Channel Slope, Surface Slope   | Illustration and Remarks   |
|--|---|--|
| 1. H2<br>Drawdown curve in subcritical flow.<br>Horizontal slope.    | $d_n > d > d_c$<br>$S = \text{Horizontal}$<br>$\frac{dd}{dx} = \frac{-}{+} = -$ |   |
| 2. H3<br>Backwater curve in supercritical flow.<br>Horizontal slope. | $d_n > d_c > d$<br>$S = \text{Horizontal}$<br>$\frac{dd}{dx} = \frac{-}{-} = +$ |    |
| 3. M1<br>Backwater curve in subcritical flow.<br>Mild slope.         | $d > d_n > d_c$<br>$S = \text{Mild}$<br>$\frac{dd}{dx} = \frac{+}{+} = +$       | <br>Fluid surface approaches horizontal. |
| 4. M2<br>Drawdown curve in subcritical flow.<br>Mild slope.          | $d_n > d > d_c$<br>$S = \text{Mild}$<br>$\frac{dd}{dx} = \frac{-}{+} = -$       |    |



| Case and Description  | Depth,<br>Channel Slope,<br>Surface Slope                                      | Illustration and Remarks             |
|---|--|--------------------------------------|
| 5. M3<br>Backwater curve<br>in supercritical flow.<br>Mild slope.     | $d_n > d_c > d$<br><br>S = Mild<br><br>$\frac{dd}{dx} = \frac{-}{-} = +$       | <br>Fluid surface approaches horizon |
| 6. C1<br>Backwater curve<br>in subcritical flow.<br>Critical slope.   | $d > (d_c = d_n)$<br><br>S = Critical<br><br>$\frac{dd}{dx} = \frac{+}{+} = +$ | <br>Fluid surface approaches horizon |
| 7. C3<br>Backwater curve<br>in supercritical flow.<br>Critical slope. | $(d_c = d_n) > d$<br><br>S = Critical<br><br>$\frac{dd}{dx} = \frac{-}{-} = +$ | <br>Fluid surface approaches horizon |
| 8. S1<br>Backwater curve<br>in subcritical flow.<br>Steep slope.      | $d > d_c > d_n$<br><br>S = Steep<br><br>$\frac{dd}{dx} = \frac{+}{+} = +$      | <br>Fluid surface approaches horizon |
| 9. S2<br>Drawdown curve<br>in supercritical flow.<br>Steep slope.     | $d_c > d > d_n$<br><br>S = Steep<br><br>$\frac{dd}{dx} = \frac{+}{-} = -$      | <br>Fluid surface approaches horizon |
| 10. S3<br>Backwater curve<br>in supercritical flow.<br>Steep slope.   | $d_c > d_n > d$<br><br>S = Steep<br><br>$\frac{dd}{dx} = \frac{-}{-} = +$      | <br>Fluid surface approaches horizon |
| 11. A2<br>Drawdown curve<br>in subcritical flow.<br>Adverse slope.    | $d > d_c$<br><br>S = Adverse<br><br>$\frac{dd}{dx} = \frac{-}{+} = -$          | <br>Fluid surface approaches horizon |
| 12. A3<br>Backwater curve<br>in supercritical flow.<br>Adverse slope. | $d_c > d$<br><br>S = Adverse<br><br>$\frac{dd}{dx} = \frac{-}{-} = +$          | <br>Fluid surface approaches horizon |

### PLANTEAMIENTO NUMERICO.

Se ha utilizado el método de la bisección para obtener los valores del calado crítico y del calado normal. Este método supone un intervalo en el cual se encuentra una raíz de la expresión con la que se trabaja. Estas expresiones están definidas por YCRIT(Y) a YNORM(Y) para el calado crítico y normal respectivamente.

Se biseca el intervalo y el valor obtenido para la función puede ser:

- 0      Entonces se hace corresponder a este valor el extremo superior del intervalo.
- 0      Se le hace corresponder el extremo inferior.
- = 0      Es el valor buscado.

El número de iteraciones que utilicemos reducirán el intervalo dentro del cual debe encontrarse la raíz, a un intervalo suficientemente preciso.

En cuanto a la determinación del calado en cada punto, se logra mediante un ciclo de manera que cada vez que se realice una pasada, calcule e imprima los nuevos valores buscados, de forma que los valores del ciclo anterior son necesarios para la obtención de los valores del ciclo posterior. De esta forma obvio el tener que utilizar un método numérico de integración como es el de Simpson o uno de diferenciación como pudiera haber sido el de Runge-Kutta.

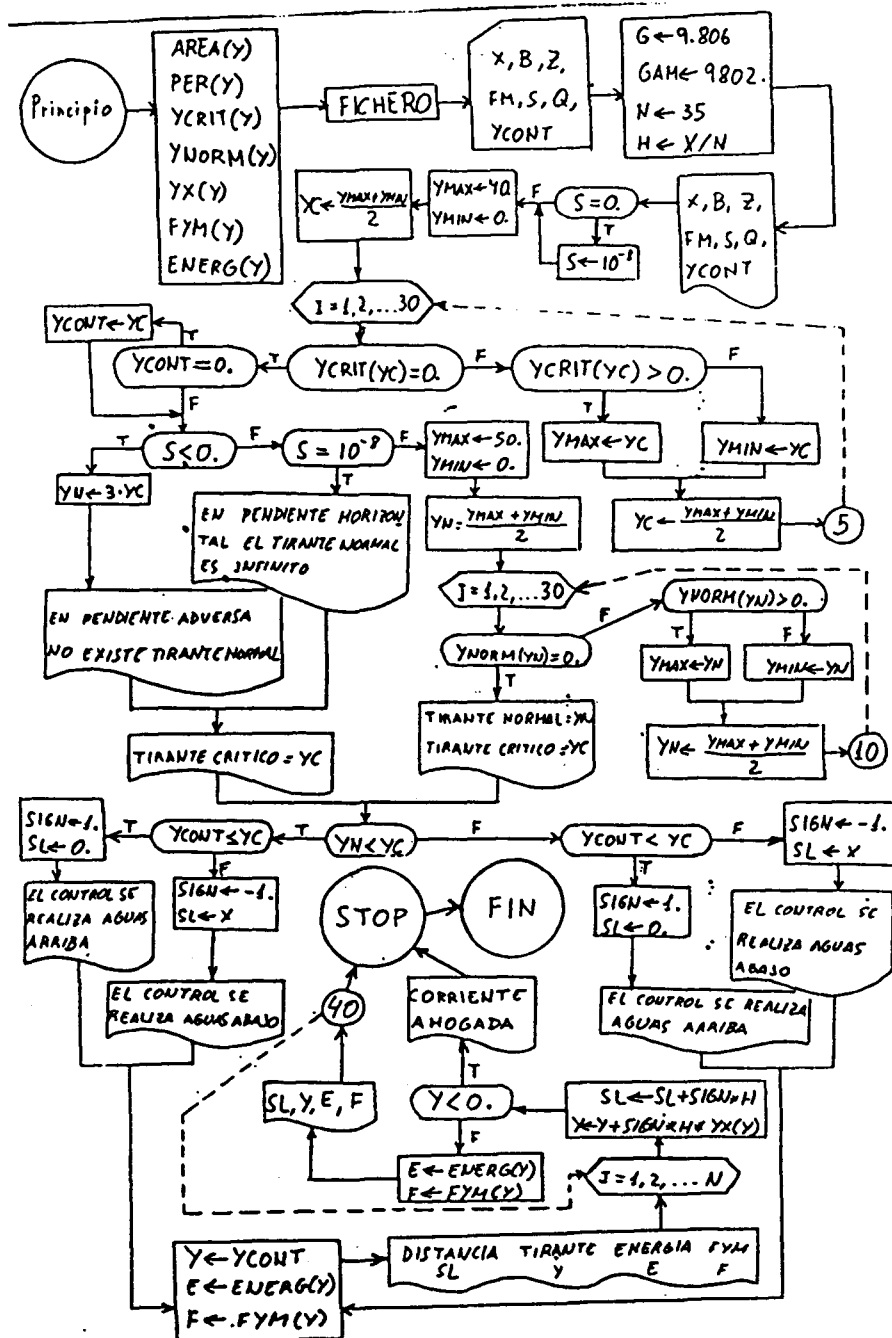
Para confeccionar el programa se ha utilizado una metodología sencilla y clara con la intención de hacer cómoda la lectura, así como de poder analizar y comprobar cada parte del mismo individualmente. Para ello se ha dividido en bloques y en cada bloque "comento" el proceso que se está llevando a cabo.

### VARIABLES UTILIZADAS.

- AREA(Y) = Área de la sección transversal para un determinado calado Y.
- B      = Ancho inferior del canal.
- E      = Energía específica buscada a la distancia SL.
- ENERG(Y) = Energía específica para el calado Y.

- F      = Cantidad de movimiento buscada a la distancia SL.
- FM      = Factor de Manning.
- FYM(Y) = Cantidad de movimiento del flujo en el calado Y.
- G      = Aceleración de la gravedad.
- GAM      = Peso específico del fluido.
- H      = Paso del intervalo.
- N      = Número de intervalos.
- PER(Y) = Perímetro de la sección transversal mojada para un determinado calado Y.
- Q      = Caudal.
- S      = Inclinação del canal (tg a la horizontal).
- SIGN      = Signo positivo o negativo según el flujo.
- SL      = Distancia en el canal.
- X      = Longitud del canal.
- Y      = Calado buscado a la distancia SL.
- YC      = Calado crítico.
- YCONT      = Calado inicial.
- YCRIT(Y) = Expresión para cálculo del calado crítico.
- YMAX      = Valor máximo hipotético para el calado crítico y el normal.
- YMIN      = Valor mínimo hipotético para el calado crítico y el normal.
- YN      = Calado normal.
- YNORM(Y) = Expresión para el cálculo del calado normal.
- YX(Y)      = Calado de la superficie del agua.
- Z      = Inclinação de la superficie de las paredes (horizontal x 1 de vertical).

## ORGANIGRAMA



# LISTADO DEL PROGRAMA

```
C          LUIS ALBERTO BALLESTEROS PEINADO
C
C  PROGRAMA: CANAL
C
C  ESTE PROGRAMA PERMITE CALCULAR EL PERFIL DE LA SUPERFICIE DEL AGUA EN
C  CUALQUIER CANAL ABIERTO, CON FLUJO PERMANENTE Y DE FORMA PRISMATICA,
C  RECTANGULAR, TRAPEZOIDAL SIETRICA O TRIANGULAR. UTILIZA EL SISTEMA
C  INTERNACIONAL DE UNIDADES.
C
C  ECUACIONES GENERALES UTILIZADAS
C      AREA(Y)=Y*B+Z*Y*Y
C      PER(Y)=B+2.*Y*SQRT(1.+Z*Z)
C      YCRIT(Y)=1.-Q*Q*(B+2.*Z*Y)/(G*AREA(Y)**3)
C      YNORM(Y)=1.-Q*Q*FH*FH/(S*AREA(Y)**3.333/PER(Y)**1.333)
C      YX(Y)=YNORM(Y)/YCRIT(Y)*S
C      FYH(Y)=GAH*(Y*Y*.5*(B+Z*Y)+Q*Q/(G*AREA(Y)))
C      ENERQ(Y)=Y+Q*Q/(2.*G*AREA(Y)*AREA(Y))
C
C  ABERTURA DEL FICHERO
C      OPEN(16,FILE='CANAL.OUT',STATUS='NEW')
C
C  LECTURA DE DATOS Y CONDICIONES INICIALES
C      WRITE(6,*)' EL PROGRAMA UTILIZA EL S.I. DE UNIDADES'
C      WRITE(6,*)' LONGITUD DEL CANAL:'
C      READ(5,*)X
C      WRITE(6,*)' ANCHO INFERIOR DEL CANAL:'
C      READ(5,*)B
C      WRITE(6,*)' INCLINACION DE LAS PAREDES (HORIZONTAL * 1 DE VERTICAL):'
C      READ(5,*)Z
C      WRITE(6,*)' FACTOR DE HANNING (0.005 A 0.04):'
C      READ(5,*)FH
C      WRITE(6,*)' INCLINACION DEL CANAL (TANGENTE CON LA HORIZONTAL):'
C      READ(5,*)S
C      WRITE(6,*)' CAUDAL:'
C      READ(5,*)Q
C      WRITE(6,*)' CALADO INICIAL:'
C      READ(5,*)YCONT
C      G=9.806
C      GAH=9802.
C      N=35
C      H=X/N
C      IF(S.EQ.0.) S=0.00000001
C
C  IMPRESION DE DATOS DE PARTIDA
C      WRITE(16,70)
C      WRITE(16,60)
C      WRITE(16,62)
C      WRITE(16,64)
C      WRITE(16,4) X
C      WRITE(16,6) B
C      WRITE(16,13) Z
C      WRITE(16,14) FH
C      WRITE(16,16) S
C      WRITE(16,17) Q
C      WRITE(16,21) YCONT
C      WRITE(16,66)
C
C  CALCULO DEL CALADO CRITICO (METODO DE LA BISECCION)
C      YMAX=40.
C      YMIN=0.
C      YC=.5*(YMAX+YMIN)
C      DO 5 I=1,30
```

```

      IF (YCRIT(YC)) 2,7,3
2     YMIN=YC
      GOTO 5
3     YMAX=YC
5     YC=.5*(YMAX+YMIN)
7     IF (YCONT,EO,0.) YCONT=YC
      IF (S,LT,0.) GOTO 18
      IF (S,EO,0.00000001) GOTO 27
C
C  CALCULO DEL CALADO NORMAL. (METODO DE LA BISECCION)
      YMAX=30.
      YMIN=0.
      YN=.5*(YMAX+YMIN)
      DO 10 I=1,30
      IF (YNORM(YN)) 8,12,9
8     YMIN=YN
      GOTO 10
9     YMAX=YN
10    YN=.5*(YMAX+YMIN)
12    WRITE(6,15) YN,YC
      WRITE(16,15) YN,YC
      GOTO 25
18    YN=3.*YC
      WRITE(16,19)
      WRITE(6,19)
      GOTO 26
27    WRITE(16,31)
      WRITE(6,31)
26    WRITE(16,20) YC
      WRITE(6,20) YC
C
C  CLASIFICACION DEL FLUJO
25    IF (YN,LT,YC) THEN
      IF (YCONT,LE,YC) THEN
          SIGN=1.
          SL=0.
          WRITE(16,30)
          WRITE(6,30)
      ELSE
          SIGN=-1.
          SL=X
          WRITE(16,28)
          WRITE(6,28)
      END IF
    ELSE IF (YCONT,LT,YC) THEN
          SIGN=1.
          SL=0.
          WRITE(16,30)
          WRITE(6,30)
    ELSE
          SIGN=-1.
          SL=X
          WRITE(16,28)
          WRITE(6,28)
    END IF
C
C  ESTUDIO DE LA CURVA DE REMANSO
      Y=YCONT
      E=ENERG(Y)
      F=FYM(Y)
      WRITE(16,35)
      WRITE(6,35)
      WRITE(16,37) SL,Y,E,F

```

```

WRITE(6,37) SL,Y,E,F
DO 40 I=1,N
SL=SL+H*SIGN
Y=Y+YX(Y)*H*SIGN
IF(Y.LT.0.) GOTO 45
E=ENERG(Y)
F=FYM(Y)
WRITE(16,37)SL,Y,E,F
40 WRITE(6,37)SL,Y,E,F
GOTO 55
45 WRITE(16,50)
WRITE(6,50)
C
C FORMATOS DE ENTRADA Y DE SALIDA
70 FORMAT(3X,'LUIS ALBERTO BALLESTEROS PEINADO')
60 FORMAT(1H012X,'CURVAS DE REMANSO EN CANALES ABIERTOS')
62 FORMAT(13X,6(' '),1X,2(' '),1X,7(' '),1X,2(' '),1X,7(' '),1X,3(' '))
64 FORMAT(5X,'DATOS DE PARTIDA, (UNIDADES S.I.):')
66 FORMAT(5X,'RESULTADOS, (UNIDADES S.I.):')
4 FORMAT(2X,'LONGITUD DEL CANAL=',3X,F12.3)
6 FORMAT(2X,'ANCHO INFERIOR DEL CANAL=',3X,F7.3)
13 FORMAT(2X,'INCLINACION DE LAS PAREDES=',3X,F5.3)
14 FORMAT(2X,'FACTOR DE MANNING=',3X,F5.4)
16 FORMAT(2X,'INCLINACION DEL CANAL=',3X,F14.10)
17 FORMAT(2X,'CAUDAL=',3X,F7.3)
21 FORMAT(2X,'CALADO INICIAL=',3X,F7.3)
15 FORMAT(2X,'CALADO NORMAL=',F6.3,2X,'CALADO CRITICO=',F6.3)
19 FORMAT(2X,'EN PENDIENTE ADVERSA NO EXISTE CALADO NORMAL')
31 FORMAT(2X,'EN PENDIENTE HORIZONTAL EL CALADO NORMAL ES INFINITO')
20 FORMAT(2X,'CALADO CRITICO=',F6.3)
28 FORMAT(' EL CONTROL SE REALIZA AGUAS ABAJO')
30 FORMAT(' EL CONTROL SE REALIZA AGUAS ARRIBA')
35 FORMAT(1H08X,'DISTANCIA',12X,'CALADO',11X,'ENERGIA',10X,'FYM')
37 FORMAT(3X,3(F14.3,4X),F12.5)
50 FORMAT(2X,'CORRIENTE AHOGADA')
C
55 STOP
END

```

### CASO PRACTICO.

En un canal horizontal de 1800 mts. de longitud y de sección trapezoidal constante, con un ancho de fondo de 1,5 mts. y una pendiente de las paredes de 45°, el gasto que circula es de 30 m<sup>3</sup>/s. Existe una sección de control al principio del canal que ofrece un flujo constante bajo compuerta con un calado inicial de 0.75 mts. Determinese el perfil de la superficie de la curva del agua en el canal. El material de revestimiento es concreto acabado.

### SALIDA DE ORDENADOR Y ANALISIS DE RESULTADOS

Se reproduce a continuación la salida impresa del ordenador para el caso práctico propuesto. Han sido necesarias dos salidas como justificaré a continuación.

El primer bloque de resultados nos ofrece como era de esperar para un canal de pendiente horizontal, con un calado normal infinito y un tirante crítico de 2.202 mts. En estas condiciones existen dos curvas posibles: una por encima y otra por debajo del calado crítico ( $H_2$  y  $H_3$  respectivamente), como se puede ver en la tabla anterior.

Comienza el flujo bajo compuerta, con un calado menor al crítico. El agua sale en un régimen rápido a lo largo del canal horizontal y, por tanto, el control del flujo se realiza en la compuerta (aguas arriba). Si el canal fuera suficientemente corto, el flujo descargaría sobre el extremo del canal formando una curva  $H_3$  pero es suficientemente largo para rebasar el calado crítico y producir el salto, dando origen a otra curva  $H_2$ .

Como se puede ver, la energía específica

LUIS ALBERTO BALLESTEROS PEINADO

CURVAS DE REMANSO EN CANALES ABIERTOS

DATOS DE PARTIDA, (UNIDADES S.I.):

LONGITUD DEL CANAL= 1800.000  
 ANCHO INFERIOR DEL CANAL= 1.500  
 INCLINACION DE LAS PAREDES= 1.000  
 FACTOR DE MANNING= .0120  
 INCLINACION DEL CANAL= 0.0000000100  
 CAUDAL= 30.000  
 CALADO INICIAL= 0.750

RESULTADOS, (UNIDADES S.I.):

EN PENDIENTE HORIZONTAL EL CALADO NORMAL ES INFINITO  
 CALADO CRITICO= 2.202  
 EL CONTROL SE REALIZA AGUAS ARRIBA

| DISTANCIA | CALADO | ENERGIA  | FYM         |
|-----------|--------|----------|-------------|
| 0.000     | 0.750  | 16.865   | 0.53932E+06 |
| 51.429    | 0.865  | 11.829   | 0.44840E+06 |
| 102.857   | 0.979  | 8.775    | 0.38245E+06 |
| 154.286   | 1.092  | 6.819    | 0.33296E+06 |
| 205.714   | 1.206  | 5.515    | 0.29477E+06 |
| 257.143   | 1.322  | 4.622    | 0.26540E+06 |
| 308.571   | 1.441  | 3.998    | 0.24227E+06 |
| 360.000   | 1.566  | 3.558    | 0.22428E+06 |
| 411.429   | 1.700  | 3.250    | 0.21067E+06 |
| 462.857   | 1.853  | 3.041    | 0.20121E+06 |
| 514.286   | 2.047  | 2.917    | 0.19674E+06 |
| 565.714   | 2.421  | 2.930    | 0.20739E+06 |
| 617.143   | 2.226  | 2.893    | 0.19874E+06 |
| 668.571   | 0.088  | 2357.176 | 0.64476E+07 |
| 720.000   | 0.264  | 212.354  | 0.19346E+07 |
| 771.429   | 0.400  | 79.991   | 0.11863E+07 |
| 822.857   | 0.526  | 41.007   | 0.84770E+06 |
| 874.286   | 0.646  | 24.514   | 0.65320E+06 |
| 925.714   | 0.763  | 16.147   | 0.52735E+06 |
| 977.143   | 0.878  | 11.405   | 0.43987E+06 |
| 1028.572  | 0.992  | 8.509    | 0.37612E+06 |
| 1080.000  | 1.105  | 6.644    | 0.32814E+06 |
| 1131.429  | 1.219  | 5.397    | 0.29124E+06 |
| 1182.857  | 1.335  | 4.539    | 0.26248E+06 |
| 1234.286  | 1.454  | 3.940    | 0.23997E+06 |
| 1285.714  | 1.580  | 3.517    | 0.22253E+06 |
| 1337.143  | 1.716  | 3.222    | 0.20939E+06 |
| 1388.572  | 1.873  | 3.023    | 0.20041E+06 |
| 1440.000  | 2.075  | 2.909    | 0.19671E+06 |
| 1491.429  | 2.518  | 2.966    | 0.21379E+06 |
| 1542.857  | 2.393  | 2.922    | 0.20584E+06 |
| 1594.286  | 2.165  | 2.894    | 0.19757E+06 |
| 1645.715  | 3.573  | 3.713    | 0.36708E+06 |
| 1697.143  | 3.560  | 3.702    | 0.36429E+06 |
| 1748.572  | 3.547  | 3.690    | 0.36147E+06 |
| 1800.000  | 3.534  | 3.679    | 0.35863E+06 |

LUIS ALBERTO BALLESTEROS FEINADO

CURVAS DE REMANSO EN CANALES ABIERTOS

DATOS DE PARTIDA, (UNIDADES S.I.):

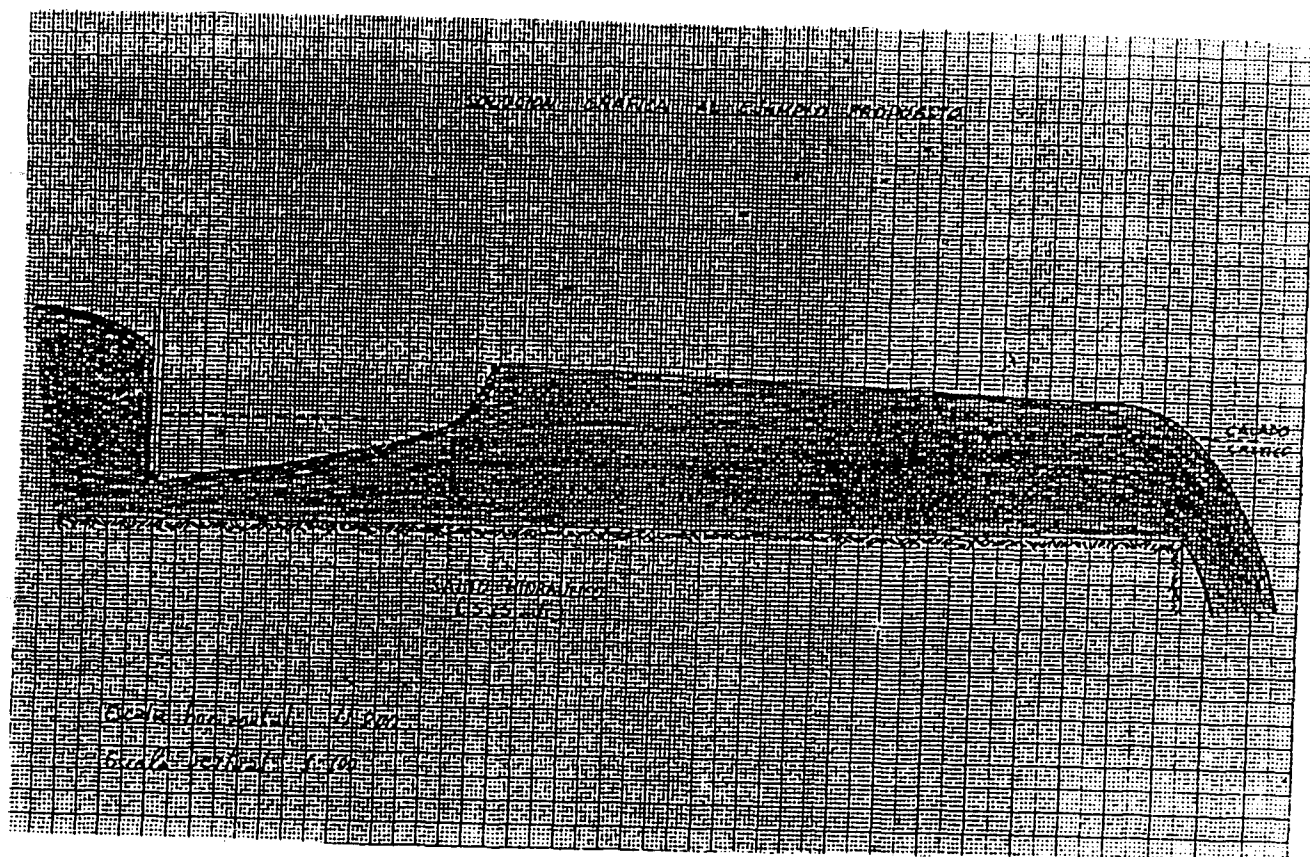
LONGITUD DEL CANAL= 1800.000  
ANCHO INFERIOR DEL CANAL= 1.500  
INCLINACION DE LAS PAREDES= 1.000  
FACTOR DE MANNING= .0120  
INCLINACION DEL CANAL= 0.0000000100  
CAUDAL= 30.000  
CALADO INICIAL= 2.300

RESULTADOS, (UNIDADES S.I.):

EN PENDIENTE HORIZONTAL EL CALADO NORMAL ES INFINITO.  
CALADO CRITICO= 2.202  
EL CONTROL SE REALIZA AGUAS ABAJO

| DISTANCIA | CALADO | ENERGIA | FYM         |
|-----------|--------|---------|-------------|
| 1800.000  | 2.300  | 2.901   | 0.20145E+06 |
| 1748.571  | 2.781  | 3.105   | 0.23702E+06 |
| 1697.143  | 2.836  | 3.140   | 0.24411E+06 |
| 1645.714  | 2.885  | 3.172   | 0.24996E+06 |
| 1594.286  | 2.928  | 3.201   | 0.25546E+06 |
| 1542.857  | 2.968  | 3.229   | 0.26069E+06 |
| 1491.428  | 3.004  | 3.255   | 0.26568E+06 |
| 1440.000  | 3.038  | 3.279   | 0.27047E+06 |
| 1388.571  | 3.069  | 3.302   | 0.27509E+06 |
| 1337.143  | 3.099  | 3.325   | 0.27956E+06 |
| 1285.714  | 3.127  | 3.346   | 0.28387E+06 |
| 1234.286  | 3.153  | 3.367   | 0.28810E+06 |
| 1182.857  | 3.179  | 3.386   | 0.29220E+06 |
| 1131.428  | 3.203  | 3.405   | 0.29620E+06 |
| 1080.000  | 3.226  | 3.424   | 0.30010E+06 |
| 1028.571  | 3.249  | 3.441   | 0.30392E+06 |
| 977.143   | 3.270  | 3.459   | 0.30766E+06 |
| 925.714   | 3.291  | 3.475   | 0.31132E+06 |
| 874.285   | 3.311  | 3.492   | 0.31491E+06 |
| 822.857   | 3.330  | 3.507   | 0.31844E+06 |
| 771.428   | 3.349  | 3.523   | 0.32191E+06 |
| 720.000   | 3.367  | 3.538   | 0.32532E+06 |
| 668.571   | 3.385  | 3.553   | 0.32867E+06 |
| 617.142   | 3.402  | 3.567   | 0.33197E+06 |
| 565.714   | 3.419  | 3.581   | 0.33522E+06 |
| 514.285   | 3.435  | 3.595   | 0.33842E+06 |
| 462.857   | 3.451  | 3.608   | 0.34158E+06 |
| 411.428   | 3.466  | 3.621   | 0.34469E+06 |
| 360.000   | 3.481  | 3.634   | 0.34777E+06 |
| 308.571   | 3.496  | 3.647   | 0.35080E+06 |
| 257.142   | 3.511  | 3.659   | 0.35380E+06 |
| 205.714   | 3.525  | 3.671   | 0.35676E+06 |
| 154.285   | 3.539  | 3.683   | 0.35968E+06 |
| 102.857   | 3.552  | 3.695   | 0.36257E+06 |
| 51.428    | 3.566  | 3.706   | 0.36543E+06 |
| 0.000     | 3.579  | 3.718   | 0.36825E+06 |





disminuye conforme el calado aumenta hacia el crítico según lo explicado en el estudio de las ecuaciones que rigen el fenómeno.

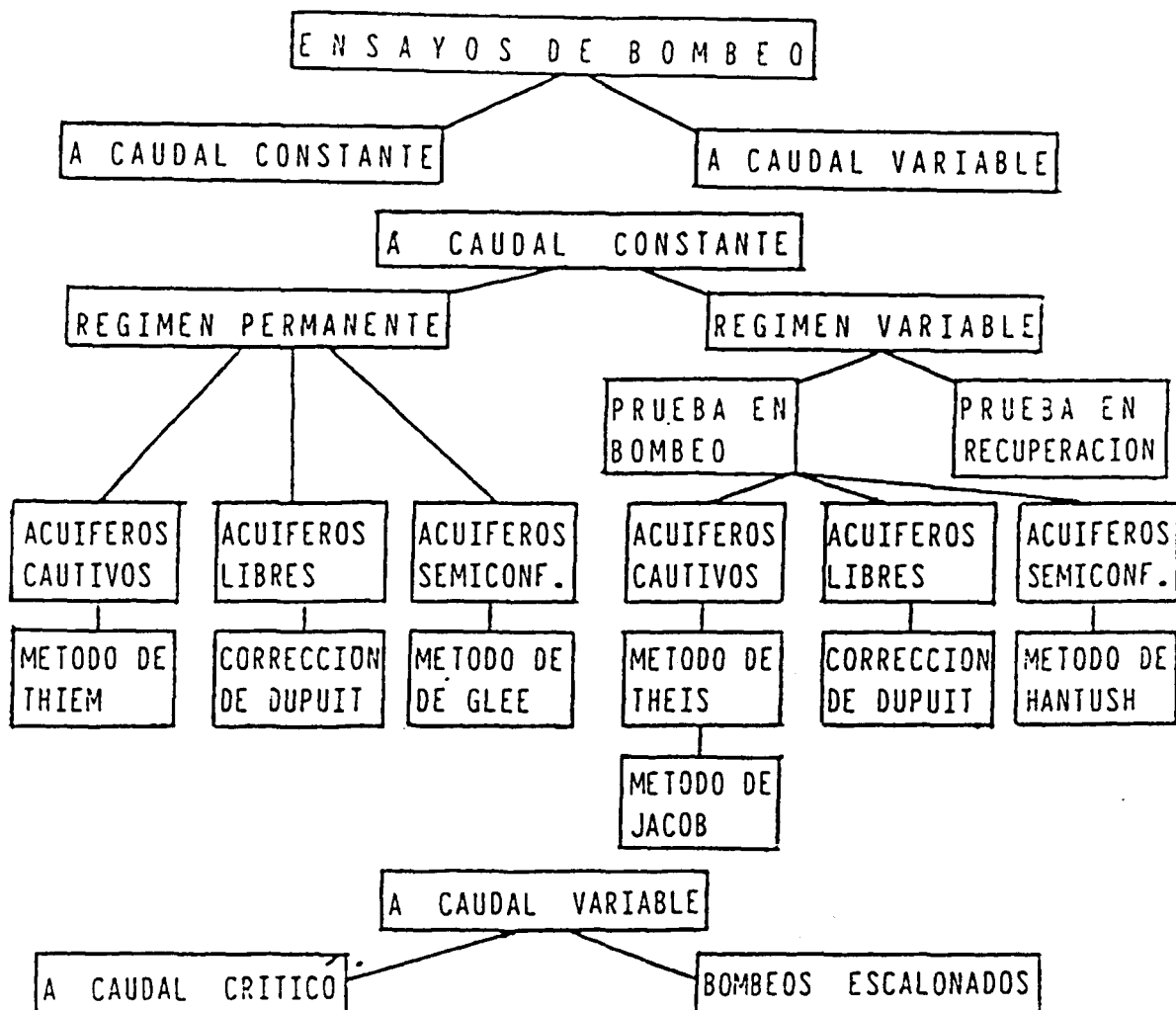
Una vez que hemos localizado el salto hidráulico a los 535 mts., procedemos a calcular la curva  $H_2$  comenzando con un tirante ligeramente superior al crítico en el extremo del canal y procediendo en la dirección aguas arriba. De esta forma el control del flujo lo estamos realizando en el extre

mo inferior y obtenemos el segundo bloque de datos, válidos hasta donde hemos localizado el salto hidráulico.

Como se puede ver, los cálculos que a mano serían engorrosos y largos, en este caso se logran sencillamente y se pueden proponer casos límites en el flujo o en las dimensiones del canal para optimizar el problema que vayamos buscando.

# RELACIONES DE INTERES "EN HIDRAULICA" PARA CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRANEAS.

Por Carlos RUESTRA FUERTES  
I.G.M.E.



- Efecto de falta de desarrollo
- Recargas exteriores y reciclado
- Barreras impermeables o bordes negativos. Método de las imágenes
- Bordes positivos o recargas laterales. Método de las imágenes
- Efecto de almacenamiento en pozos de gran diámetro
- Acuíferos colgados
- Efecto de drenaje diferido
- Efecto de pozos incompletos
- Bombeos en pozos con drenes radiales
- Bombeos en ranjas y galerías
- Campo de pozos

# ENSAYOS A CAUDAL CONSTANTE. REGIMEN PERMANENTE.

## ACUIFEROS CAUTIVOS. METODO DE THIEM.

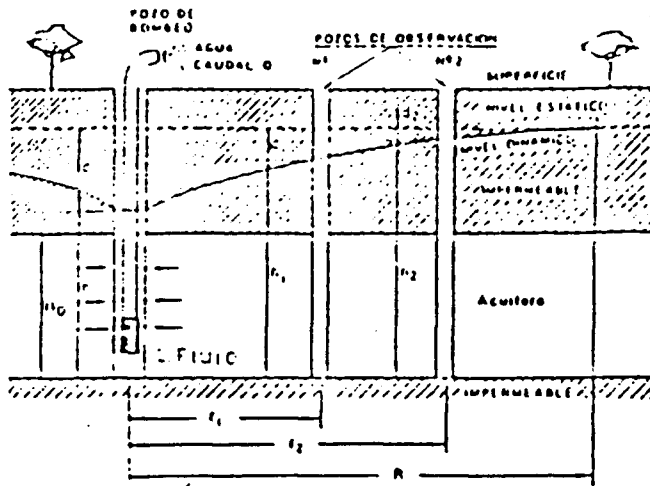


Fig. 1. Acuífero cautivo.

$$d_p - d_2 = 0,366 \frac{Q}{T} \lg \frac{r_2}{r_p} \quad (\text{Se utiliza depresión y radio del pozo})$$

$$d_p = 0,366 \frac{Q}{T} \lg \frac{R}{r_p} \quad (\text{Se utiliza el radio de influencia})$$

$$d_i = 0,366 \frac{Q}{T} \lg \frac{R}{r_i} \quad (\text{Depresión a una distancia genérica del pozo, } r_i)$$

### FORMULA SIMPLIFICADA DE THIEM.

$$T \text{ (m}^2/\text{día)} = \frac{Q \text{ (l/s)}}{d_p \text{ (m)}} \times 100$$

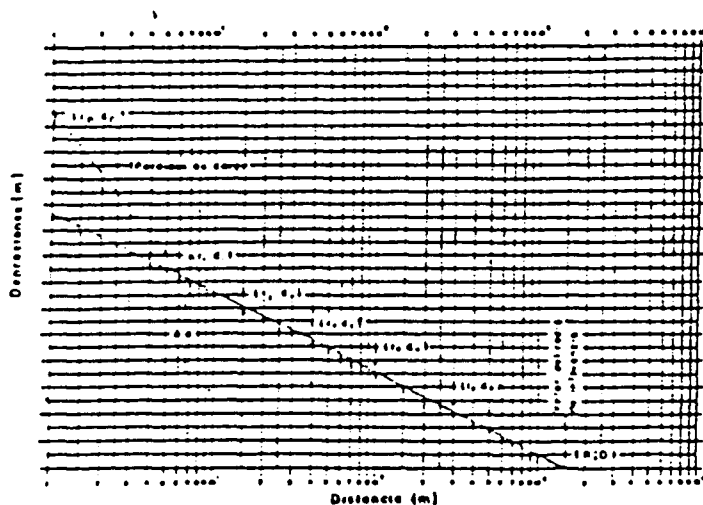


Fig 2.-Recta ajustada a los pares (r,d)

Ecuación general:

$$d_1 - d_2 = \frac{Q}{2\pi i} \lg \frac{r_2}{r_1}$$

$$d_1 - d_2 = 0,366 \frac{Q}{T} \lg \frac{r_2}{r_1} \quad (1)$$

De la ecuación (1) por analogía:

Procedimiento gráfico:

Se representan los pares de valores depresiones-distancias, de distintos piezómetros, incluyendo el par  $(d, r)$  y se ajusta una recta a los puntos obtenidos.

Se deducen  $T$ ,  $R$  y  $P_c$

$$T = 0,366 \frac{Q}{\Delta d}$$

## ACUIFEROS LIBRES. CORRECCION DE DUPUIT

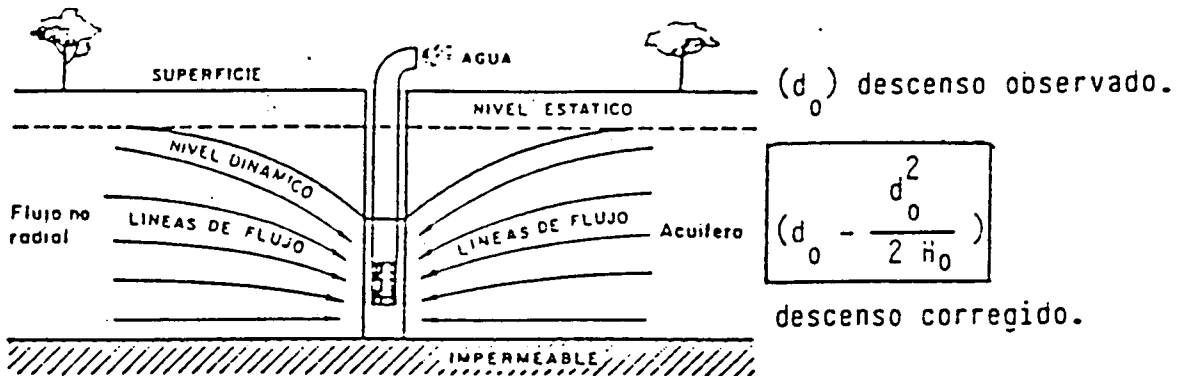


Fig 3.- Acuífero libre.

Se utiliza la metodología de los acuíferos cautivos.

Los descensos se corregirán cuando sean mayores de un 10 ò un 15 por ciento del espesor saturado inicial,  $H_0$ .

## ACUIFEROS SEMICONFINADOS. METODO DE DE GLEE

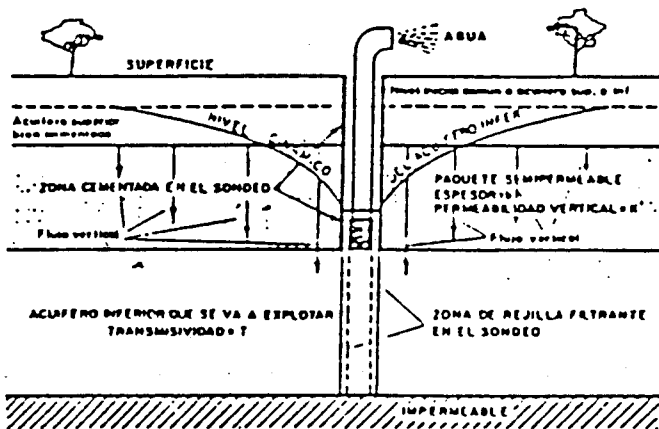


Fig 4.- Acuífero semiconfinado.

$$B = \text{factor de goteo} = \sqrt{\frac{T b'}{K}}$$

Ecuación general

$$d = \frac{Q}{2\pi T} K_0 \left( \frac{r}{B} \right)$$

De la Fig 5. se obtienen los valores de la función  $K_0$  según los valores de  $(r/B)$ .

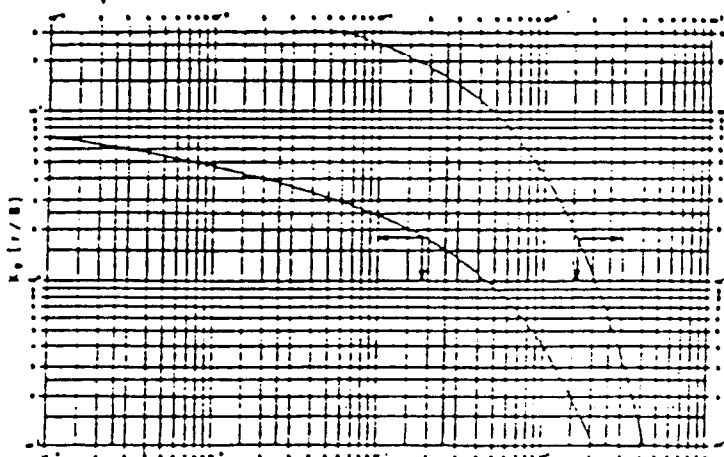


Fig 5.-Función  $K_0 (r/B)$ .

Cuando  $r/B < 0,1$

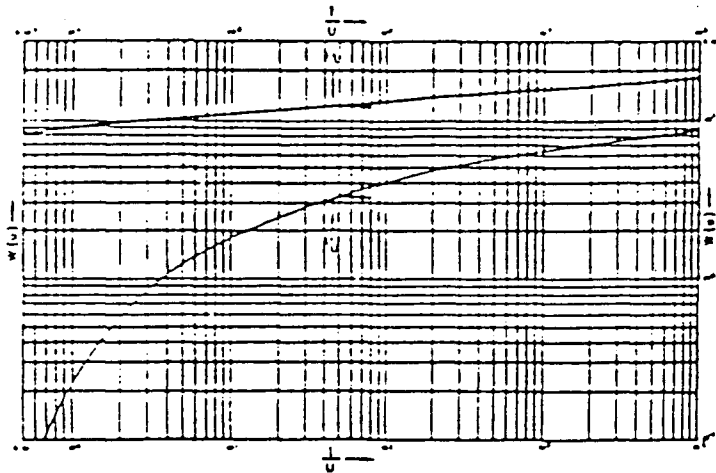
$$d = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{1,12 B}{r}$$

$$d = 0,366 \frac{Q}{T} \lg \frac{1,12 B}{r}$$

# ENSAYOS A CAUDAL CONSTANTE. REGIMEN VARIABLE.

## PRUEBAS EN DESCENSOS.

### ACUIFEROS CAUTIVOS. METODO DE THEIS.



Ecuación general:

$$d = \frac{Q}{4 \pi T} W(u) \quad u = \frac{r^2 S}{4 T t}$$

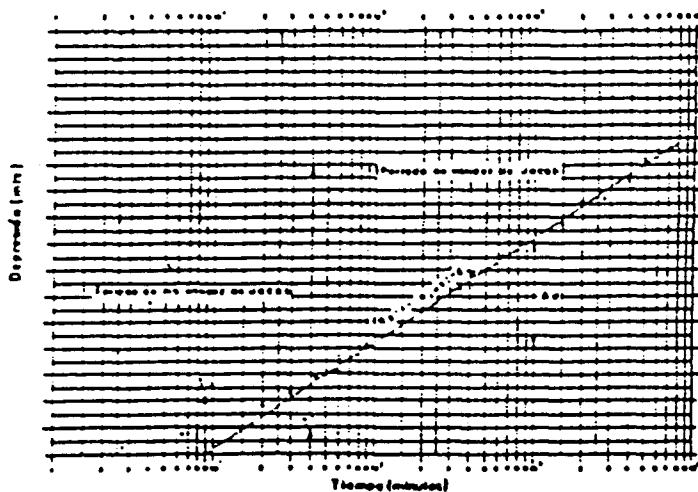
$$T = \frac{Q}{4 \pi d} W(u)$$

$$S = \frac{4 T t}{r^2 1/u}$$

Fig 6.-Función W(u). Curva de Theis.

Método operativo: Se superpone la curva patrón de Theis sobre la curva de campo. Se tendrán W(u), 1/u, d, t, de donde se deducirán T y S.

### ACUIFEROS CAUTIVOS. METODO DE JACOB.



Ecuación general:

Siendo  $u < 0,1$

$$d = \frac{Q}{4 \pi T} \ln \frac{2,25 T t}{r^2 S}$$

$$d = 0,183 \frac{Q}{T} \lg \frac{2,25 T t}{r^2 S}$$

$$t_0 = \frac{r^2 S}{2,25 T}$$

$$T = 0,183 \frac{Q}{\Delta d} \quad S = \frac{2,25 T t_0}{r^2}$$

Fig 7.-Curva de campo.Jacob.

Método operativo: Se representa en gráfico semilogarítmico, los pares de valores (d,t). Se ajusta una recta a los puntos obtenidos (fig. 7). De la pendiente de la recta ajustada ( $m = \Delta d = 0,183 Q/T$ ), se obtiene T. Jacob es aplicable a partir de  $t > 2,5 r^2 (S/T)$  (Periodo de validez).

Radio de influencia  $R = 1,5 \sqrt{\frac{T t}{S}}$

## ACUIFEROS LIBRES.CORRECCION DE DUPUIT.

$d_0$  (descenso observado)

$d_0 - d_0^2 / 2H_0$  (descenso corregido)

Se utiliza la metodología de los acuíferos cautivos. Los descensos se corregirán cuando sean mayores de un 10 ò un 15 por ciento del espesor saturado inicial,  $H_0$ .

## ACUIFEROS SEMICONFINADOS. METODO DE HANTUSH.

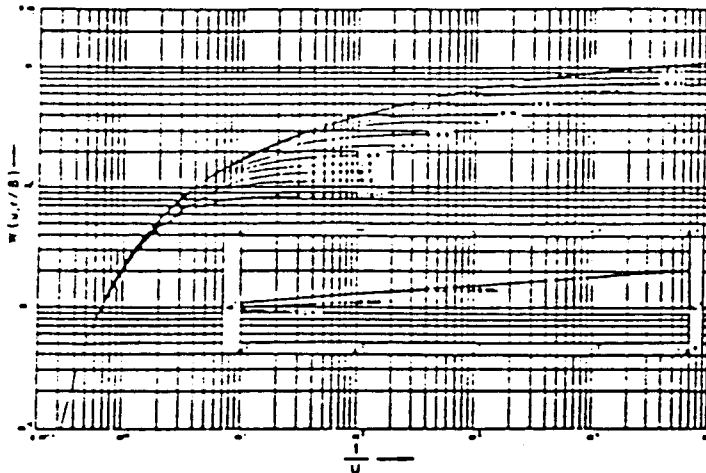


Fig 8.-Función de pozo  $w(u, r/B)$ . Hantush.

Ecuación general

$$d = \frac{Q}{4\pi T} W(u, r/B)$$

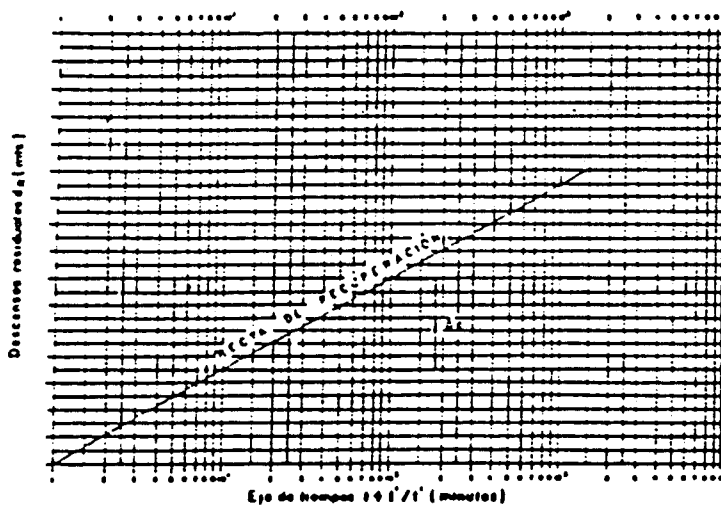
$$u = \frac{r^2 S}{4 T t} ; B = \sqrt{\frac{T b'}{K'}}$$

$$T = \frac{Q}{4\pi d} W(u, r/B)$$

$$S = \frac{4 T t}{r^2 1/u} ; K' = \frac{T b'}{B^2}$$

Método operativo: Similar al de Theis, utilizando la curva de Hantush (fig 8). Los valores obtenidos serán  $W(u, r/B)$ ,  $1/u$ ,  $d$ ,  $t$  y  $r/B$ .

## PRUEBAS EN RECUPERACION.



Ecuación general (Jacob)

$$d_R = 0,183 \frac{Q}{T} \lg \frac{t - t'}{t'}$$

$$T = 0,183 \frac{Q}{\Delta d}$$

$\Delta d = m$  (pendiente de la recta)

Fig 9.- Gráfico de recuperación.

Cálculo del area de ambalse vaciado

$$A = \frac{Q t}{d_v S}$$

$d_v$  = descenso no recuperado.

## ENSAYOS A CAUDAL VARIABLE BOMBEO A CAUDAL CRITICO

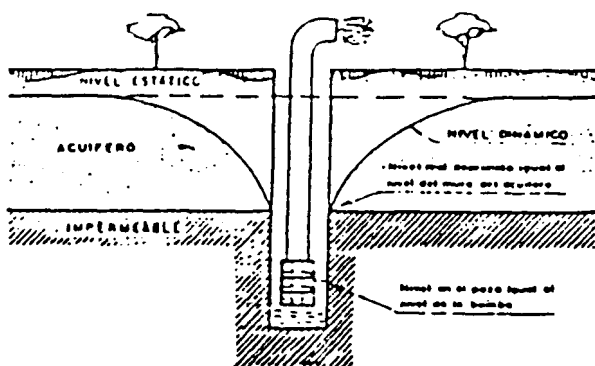


Fig 10.- Acuífero colgado.

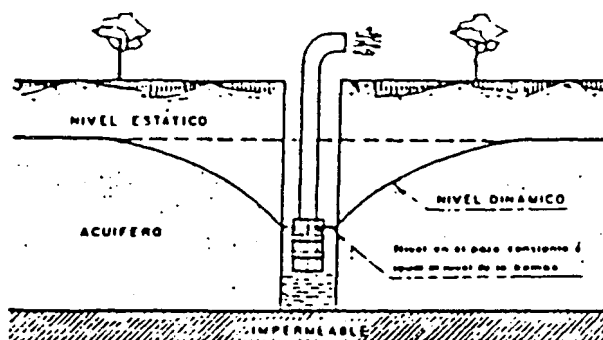


Fig 11.- Nivel dinámico en la Bomba.

En este tipo de bombeos, el nivel permanece constante y lo que varía es el caudal.

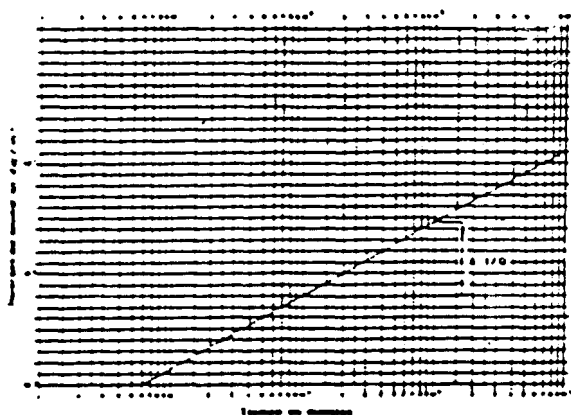


Fig 12.- Bombeos a caudal crítico.

Descenso en el pozo

$$d = 0,183 \frac{Q}{I} \lg \frac{2,25 I t}{r^2 S} \quad (\text{Jacob})$$

o bien

$$\frac{1}{Q} = \frac{0,183}{d I} \lg \frac{2,25 I t}{r^2 S}$$

$$I = \frac{0,183}{d \cdot \Delta(1/Q)}$$

Método operativo: Se representan en ordenadas los inversos del caudal ( $1/Q$ ) y en abscisas el tiempo. De la pendiente de la recta ajustada ( $m = \Delta 1/Q$ ) se obtiene la transmisividad.

## BOMBEO ESCALONADO

Representaciones gráficas de distintas modalidades de bombeos escalonados.

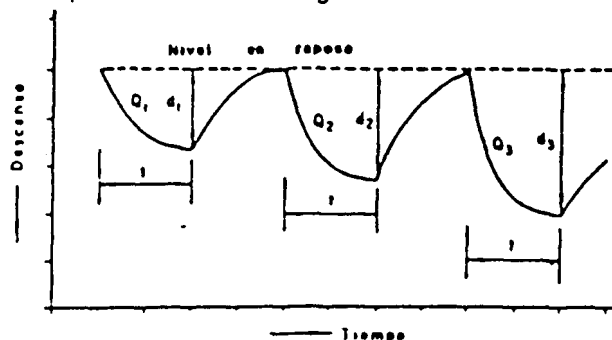


Fig 13.

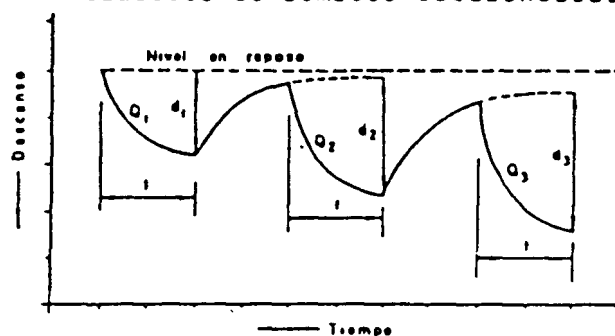


Fig 14.

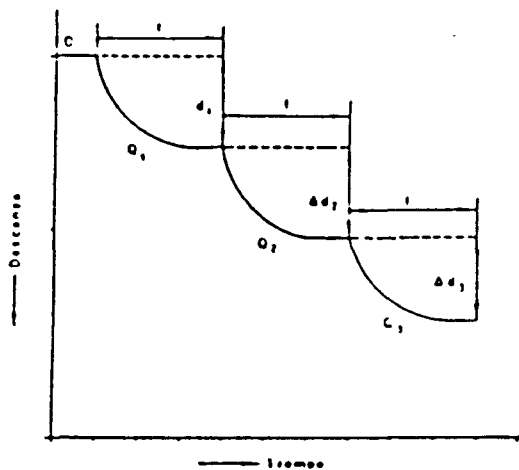


Fig 15.

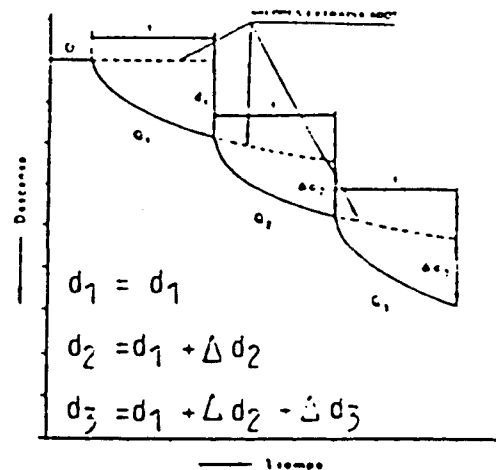


Fig 16.

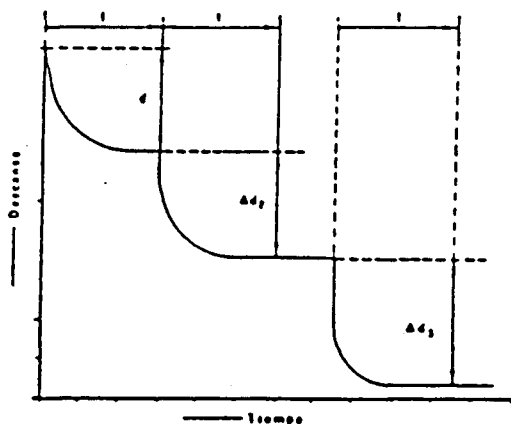


Fig 17.

- Fig 13. Con recuperación total  
 Fig 14. Con recuperación parcial  
 Fig 15. Sin recuperación y con estabilización de niveles.  
 Fig 16. Sin recuperación y sin estabilización de niveles.  
 Fig 17. Con distintos tiempos de bombeo por escalón.

## CARACTERISTICAS DEL POZO. PERDIDAS DE CARGA.

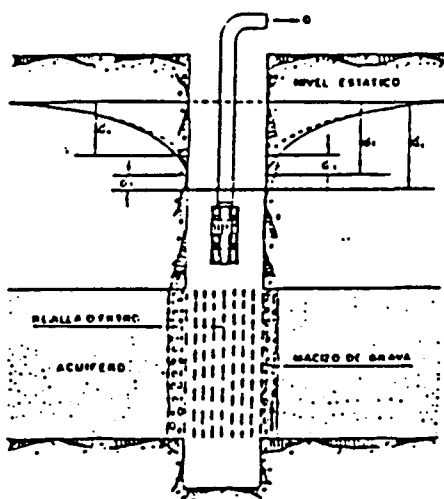


Fig 18.- Esquema descensos.

- $d_1$  = Descenso observado  
 $d_2$  = Descenso en exterior del anillo de  
 $d_3$  = Descenso en el empaque de grava y por régimen turbulento en las proximidades del pozo  
 $d_4$  = Descenso teórico  
 $d_5$  = Descenso al atravesar el anillo de agua del pozo (filtro)

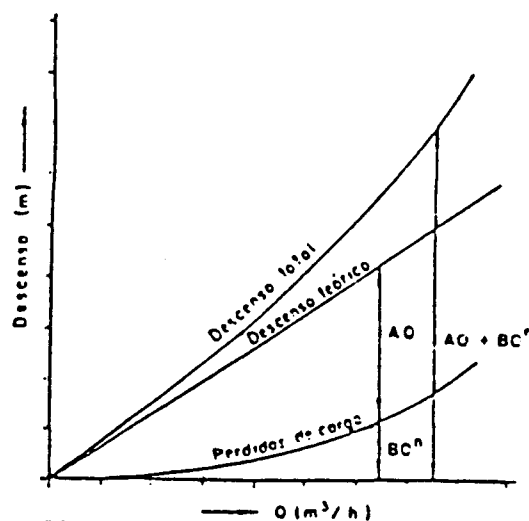


Fig 19.- Descensos-caudales.

Ecuación general de descensos

$$d = A Q + B Q^n$$



## MÉTODOS DE ESTIMACION DE LAS PERDIDAS DE CARGA.

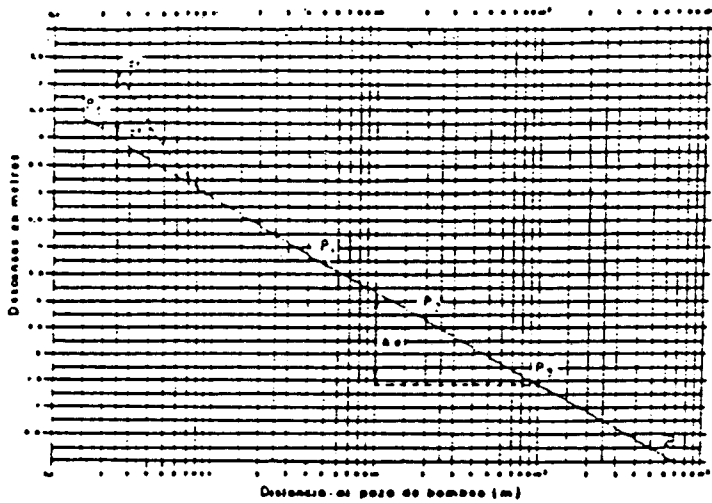


Fig 20.- Pérdidas de carga.

$$P_c = d_p - d_t$$

$P_c$  = pérdida de carga

$d_p$  = descenso real

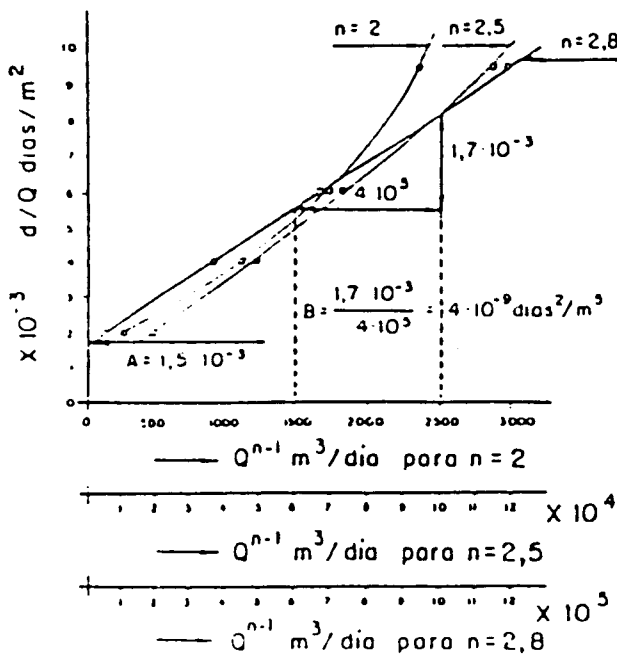
$d_t$  = descenso teórico

$$d_t = 0,183 \frac{Q}{r} \lg \frac{2,25 T t}{r^2 S}$$

(Se precisa de algún piezómetro).

Método gráfico: Si se dispone de varios piezómetros, se representan en ordenadas las depresiones y en abscisas las distancias al pozo de bombeo. (Para un mismo tiempo o un régimen estabilizado). Los descensos - debidos a pérdidas de carga se obtienen por diferencia entre el descenso real en el pozo y el teórico que representa el gráfico.

## CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES A PARTIR DE BOMBEO ESCALONADOS.



Para el cálculo de A, B y n, se precisa un mínimo de tres bombeos.

$$d_1 = A Q_1 + B Q_1^n$$

$$d_2 = A Q_2 + B Q_2^n \quad (1)$$

$$d_3 = A Q_3 + B Q_3^n$$

Métodos de resolución:

tanteo del valor de "n"

Método analítico

Métodos informáticos

## METODO DE TANTEO DEL VALOR DE "n".

Dividiendo por Q las ecuaciones planteadas (1)

$$d_1 / Q_1 = A + B Q_1^{n-1}$$

$$d_2 / Q_2 = A + B Q_2^{n-1} \quad (2)$$

$$d_3 / Q_3 = A + B Q_3^{n-1}$$

Representando  $d/Q$  en ordenadas y  $Q^{n-1}$  en abscisas, en un sistema de ejes métricos, y dando a  $-n-$  el valor adecuado, se debe obtener una recta.

El procedimiento consiste en ir tanteando dicho valor de  $-n-$  hasta conseguir el ajuste de la recta.

Fig 21. (Ejemplo práctico).

## METODO ANALITICO

Del sistema de ecuaciones (2), eliminando A y B, se tendrá:

$$\frac{d_2/Q_2 - d_1/Q_1}{d_3/Q_3 - d_2/Q_2} = \frac{Q_2^{n-1} - Q_1^{n-1}}{Q_3^{n-1} - Q_2^{n-1}}$$

Se han de dar valores a  $-n-$  hasta que se cumpla la igualdad. Con  $-n-$  calculado, se obtendrán A y B por sustitución.

## METODOS INFORMATICOS.

Se dispone de programas informatizados, para el cálculo de los coeficientes para las calculadoras HP-11C y HP 41-C y HP 41 CV. (Anexo C. POZOS y ACUIFEROS).

# PARTICULARIDADES QUE SE PRESENTAN EN LA REALIZACION DE LOS ENSAYOS DE BOMBEO.

## EFFECTO DE FALTA DE DESARROLLO

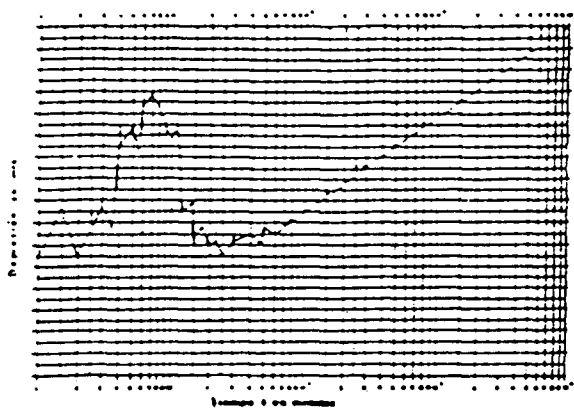


Fig 22.- Curva característica.

La falta de desarrollo origina evoluciones anárquicas en los descensos producidos. (Fig 22.).

La interpretación es posible en el último tramo con agua clara.

## RECARGAS EXTERIORES Y RECICLADO

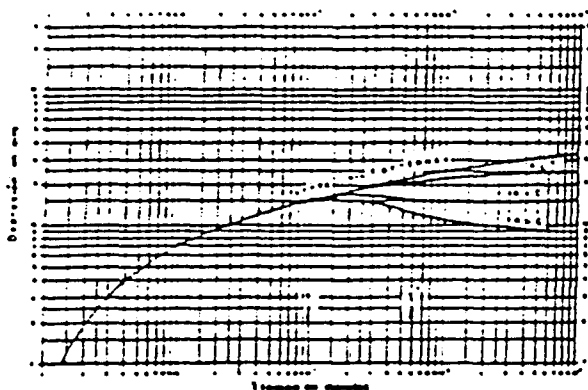


Fig 23.- Recargas exteriores. Theis.

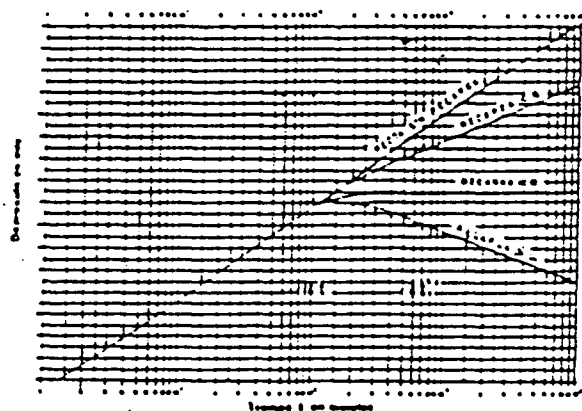


Fig 24.- Recargas exteriores. Jacob.

Se representan en las figuras 23 y 24 las desviaciones de las curvas de bidas a los diferentes caudales de recarga.

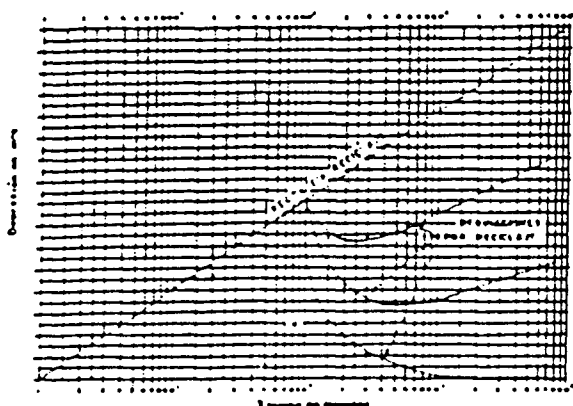


Fig 25.- Efecto de reciclaje.

La figura 25, representa los efectos del agua reciclada del bombeo, según diferentes porcentajes de infiltración.

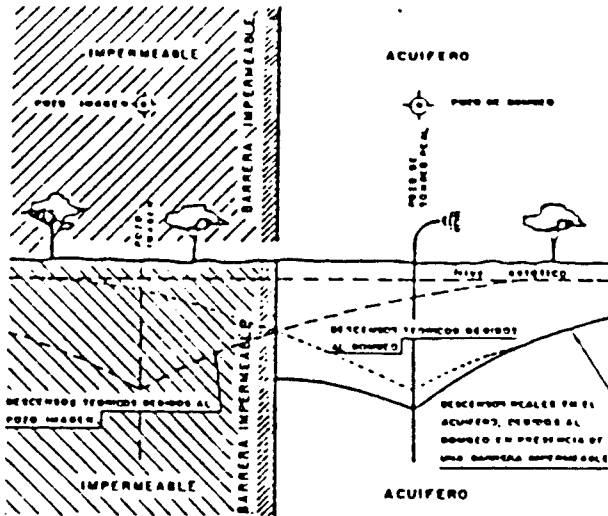


Fig 26.- Esquema borde negativo.

Ecuación general

$$D = d + d' = 0,366 \frac{Q}{T} \lg \frac{2,25 T t}{r r' S}$$

En un pozo bombeando, una cierta distancia del borde impermeable, los descensos producidos serán suma de los debidos a otro pozo imaginario (pozo imagen) situado simétricamente del bombeo, respecto a la barrera.

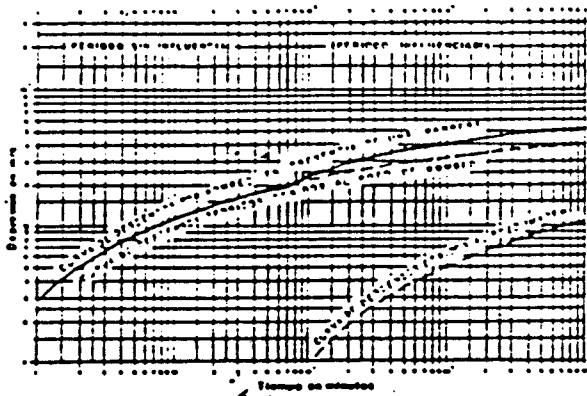


Fig 27.- Borde negativo. Theis.

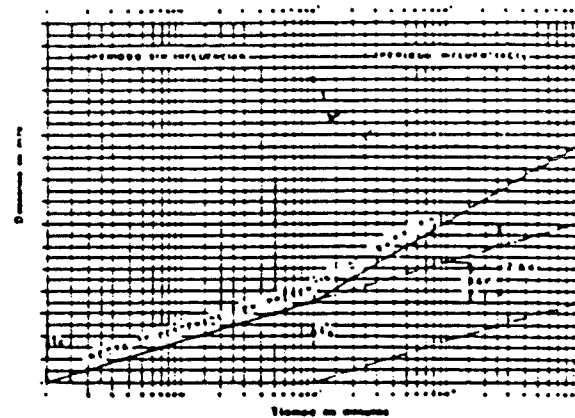


Fig 28.- Borde negativo. Jacob.

En presencia de una barrera, se dobla la pendiente de la recta de Jacob.

Del primer tramo se pueden obtener T y S reales del acuífero.

Del segundo tramo se obtiene la transmisividad de comportamiento.

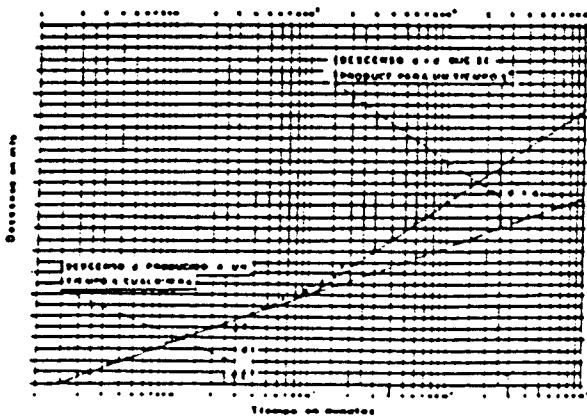


Fig 29.- Cálculo distancia  $r'$ .

Formulación posterior al efecto de barrera.

$$T = \frac{Q}{4\pi (2d)} W(u) \quad (\text{Theis})$$

$$T = 0.183 Q / 2 \Delta d \quad (\text{Jacob})$$

Distancia pozo imagen-piezómetro.

$$r' = r \sqrt{t'/t}$$

## BORDES POSITIVOS O RECARGAS LATERALES.

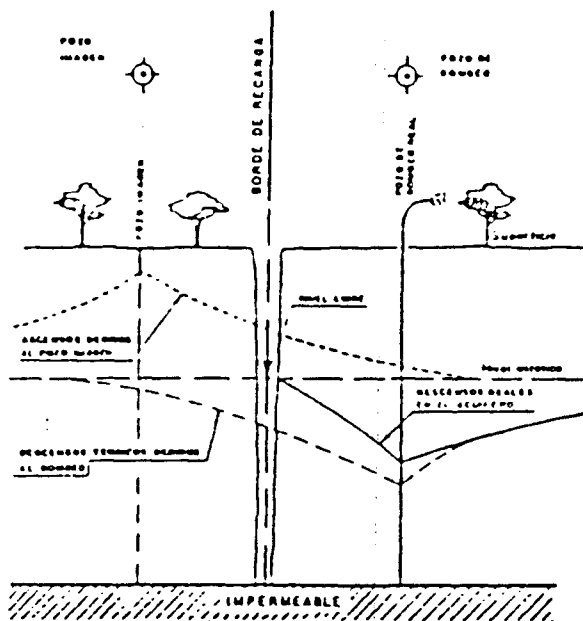


Fig 30.- Esquema borde positivo.

Ecuación general

(dentro del periodo de validez de Jacob)

$$D = d - d' = 0,366 \frac{Q}{T} \lg \frac{r'}{r}$$

Si el pozo de bombeo de radio  $r_p$  se considera pozo de observación, y su distancia al borde de recarga es  $x_0$ .

Se tendrá:

$$D = 0,366 \frac{Q}{T} \lg \frac{2 x_0}{r_p}$$

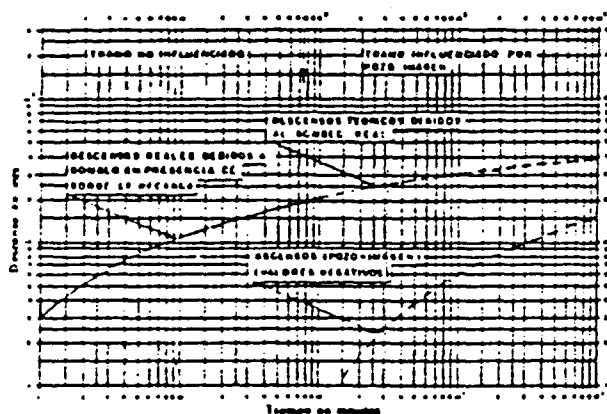


Fig 31.- Borde positivo. Theis.

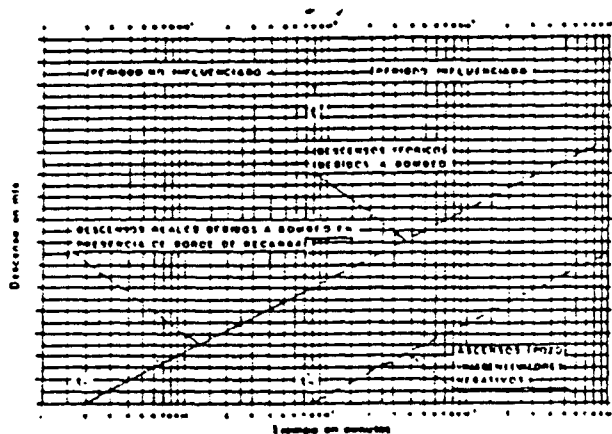


Fig 32.- Borde positivo. Jacob.

La depresión no depende del tiempo, es constante y por tanto, a partir del tiempo  $t$  en que llega al pozo de observación las afecciones del bombeo simulado en el pozo imagen, la recta de Jacob se sitúa horizontal.

tiempo teórico de estabilización,  $t_e = 10 \frac{x_0^2 S}{T}$

## EFFECTO DE ALMACENAMIENTO. POZOS DE GRAN DIAMETRO.

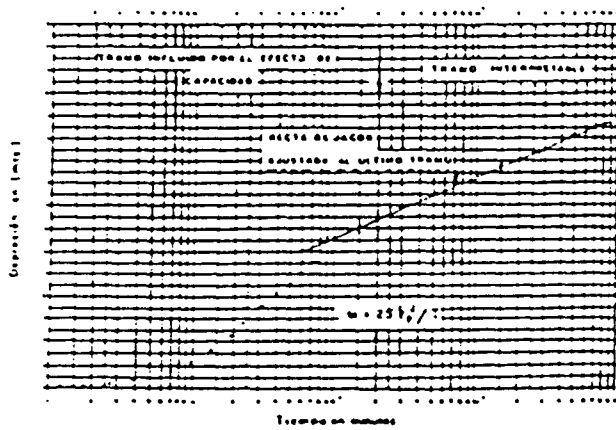


Fig 33.-Efecto de capacidad.

Los descensos al inicio del bombeo son inferiores a los teóricos.

PAPADOPOULOS y COOPER:

Si se utilizan las fórmulas para pozos sin almacenamiento, el error cometido en los niveles será inferior al 2 % a partir de un tiempo:

$$t_e > 25 \frac{r_p^2}{I}$$

Según FORKASIEWICZ, en los piezómetros el error es despreciable cuando

$$t_e > 12,5 \frac{r_0^2}{I} \frac{d_0 + d}{d_p}$$

## EFFECTO DE DRENAJE DIFERIDO.

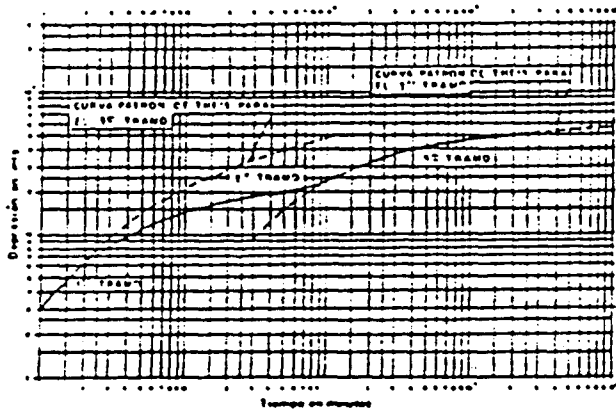


Fig 34.-Efecto de drenaje.Theis.

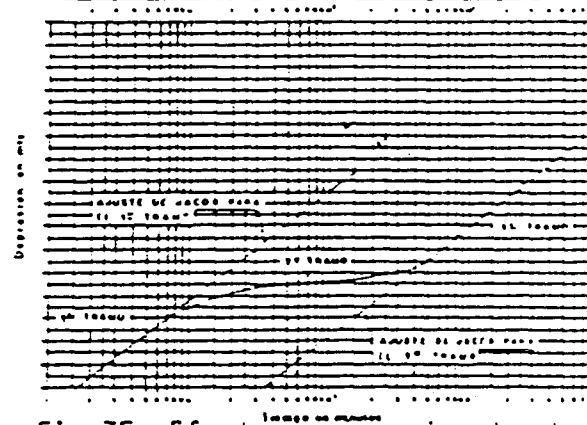


Fig 35.-Efecto de drenaje. Jacob.

Los descensos teóricos quedan distorsionados según figs.34 y 35.

I se obtiene indistintamente del primer y tercer tramo.

S se obtiene del primer tramo, S' (porosidad eficaz) del tercero.

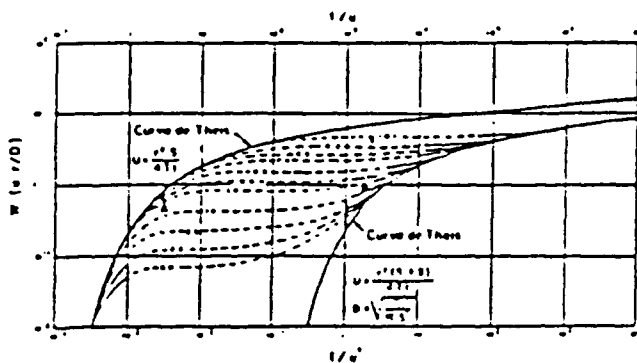


Fig 36.-Curvas en a.libre.Prickett.

$1/\alpha = \text{índice de retraso} =$

$$\frac{r^2 S'}{(r/D)^2 L}$$

$$I = 0,183 \frac{Q}{\Delta d} \quad (\text{Jacob})$$

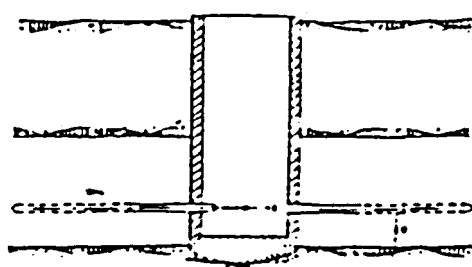
BOULTON, PRICKETT y WALTON

$$d = \frac{Q}{4\pi I} W(u, r/D) ; D = \sqrt{\frac{I}{\alpha S'}}$$

$$u' = \frac{r^2 S'}{4 I t} \quad (\text{3er tramo; p. eficaz})$$

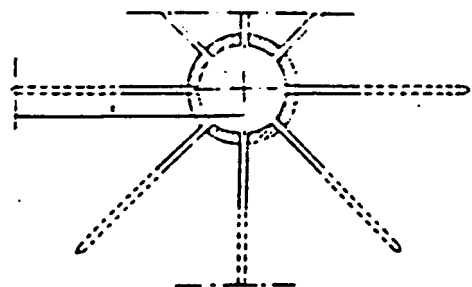
$$u = \frac{r^2 S}{4 I t} \quad (\text{1er tramo; C. almacen})$$

## BOMBEOS EN POZOS CON DRENES HORIZONTALES



Fórmula simplificada de SCHNEEBELI

$$Q = 2 \pi T \frac{d}{\ln \frac{r^n \sqrt{4}}{c}}$$



Fórmula de RANNEY

$$Q = 2 \pi T \frac{d}{\ln \frac{2R}{r}}$$

$r$  = Radio efectivo del pozo =  $2/3 c$

Fig 3.-Pozo con drenes h.

## BOMBEOS EN ZANJAS Y GALERIAS

El caudal de una zanja, funcionando en régimen permanente en las proximidades de un río y paralela al mismo, viene dado por:

$$Q = \frac{d \cdot T}{x_0} L$$

Se debe corregir -  $d$  - si representa un alto valor en relación a  $H_0$ .

$$Q = 2 d \sqrt{ST/\pi t} \cdot L \quad \text{Caudal variable para descenso fijo en zanja de longitud.}$$

## CAMPOS DE POZOS. AFECCIONES MUTUAS

El descenso producido en un punto de un campo de pozos, es suma de los descensos individuales originados por cada uno de los pozos del campo en el punto.

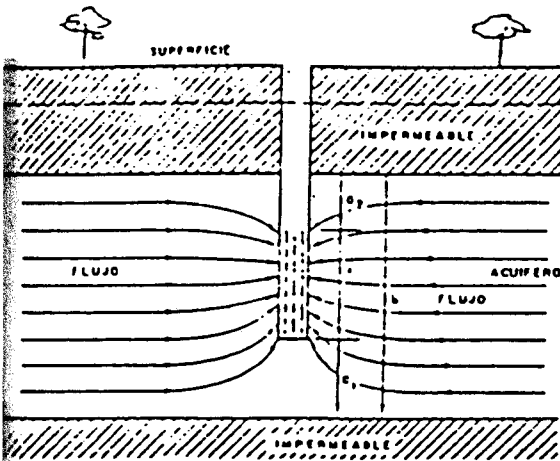
Acuífero confinado, régimen variable

$$d_A = \frac{1}{4 \pi T} \sum_{i=1}^{i=n} Q_i W(u_i) \quad \text{siendo} \quad u_i = \frac{r_i^2 S}{4 T t_i}$$

Acuífero confinado, régimen permanente

$$d_A = \frac{0,366}{T} \sum_{i=1}^{i=n} Q_i \lg \frac{R}{r_i}$$

## EFFECTO DE POZOS INCOMPLETOS



$$\delta = \lambda / b \quad (\text{ver simbolos})$$

$$E = \frac{a_1 - a_2}{2b}$$

Descensos en el pozo, régimen permanente.

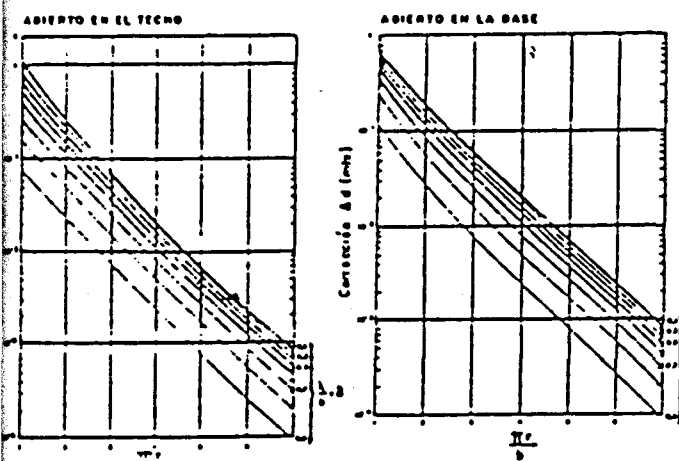
(Fórmula aproximada, I.N.O. 1964)

$$d_I - d_C = \frac{Q}{2\pi I} \cdot G$$

Fig 37.- Pozo incompleto.

$d_I$  = descenso teórico en el pozo incompleto

$d_C$  = descenso teórico en el pozo completo



$$d_C = \frac{d_I}{1 + \frac{G}{\ln(R/r_p)}}$$

Siendo

$$G = \frac{1 - \delta}{\delta} \left| \ln \frac{4b}{r_p} - F(\delta, E) \right|$$

$F(\delta, E)$  está tabulado

A partir del  $-d_C$  se puede obtener  $I$ , debiéndose estimar el valor de  $R$ .

Fig 38.- Corrección de los descensos en piezómetros debidos al bombeo en un pozo incompleto. (Jacob).

En régimen permanente para piezómetros no penetrantes se deben corregir los descensos para  $r > 1,5b$

De la figura 39, se obtiene

$$1^{\text{er}} \text{ Tramo } I_1 = 0,183 \frac{Q}{\Delta d_1} = K_h \lambda$$

$$2^{\text{o}} \text{ Tramo } I = 0,183 \frac{Q}{\Delta d_2} = K_h b$$

Para  $t > b^2 S / 2I$

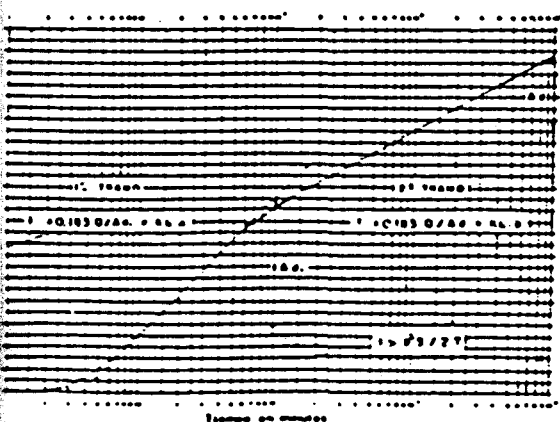


Fig 39.- d- en piezómetro no penetrante.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Síntesis de formulación de "POZOS Y ACUIFEROS".

Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo.

Manuel Villanueva Martinez.

Alfredo Iglesias López.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA. AÑO 1984.

## SIMBOLOS UTILIZADOS:

|            |  |            |  |
|------------|--|------------|--|
| A          | área   | $d_r$      | descenso residual                              |
| A          | coeficiente de descenso teó-<br>rico.                        | $\delta$   | longitud relativa de la zona<br>filtrante      |
| $a_1$      | distancia del borde de la -<br>rejilla al muro del acuífero  | G          | función auxiliar en pozos in-<br>completos     |
| $a_2$      | distancia del borde de la -<br>rejilla al techo del acuífero | $X_0$      | distancia, pozo de bombeo<br>-borde de recarga |
| B          | factor de goteo  | E          | Excentricidad relativa de zo-<br>na filtrante  |
| B          | Coeficiente de pérdidas de<br>carga.                         | $\lambda$  | longitud de rejilla                            |
| b          | espesor del acuífero   | $\alpha$   | constante empírica                             |
| $b'$       | espesor del semipermeable                                    | L          | longitud                                       |
| $b/K'$     | resistividad hidráulica                                      | c          | longitud de drenes                             |
| K          | permeabilidad  | u          | variable auxiliar de la fun-<br>ción de pozo   |
| $K_h$      | permeabilidad horizontal                                     | S          | coeficiente de almacenamiento                  |
| $K_v$      | permeabilidad vertical                                       | Q          | caudal   |
| $K_C(r/B)$ | función de pozo en acuífero<br>semiconfinados                | R          | radio de influencia                            |
| $K'$       | permeabilidad vertical en -<br>capas semiconfinantes         | $r_i$      | distancia genérica                             |
| $K'/B'$    | Coeficiente de goteo   | $r_p$      | radio del pozo                                 |
| $w(u)$     | función de pozo en acuífero<br>semiconfinado                 | $r$        | distancia pozo-piezómetro                      |
| T          | transmisividad   | $r'$       | distancia pozo-imagen y pozo<br>de observación |
| t          | tiempo   | i          | gradiente hidráulico                           |
| $t_0$      | tiempo   | m          | pendiente                                      |
| $t_p$      | tiempo de parada del bombeo                                  | $\Delta d$ | incremento de descensos, cai-<br>da por ciclo  |
| $H_0$      | espesor saturado de acuífero                                 | $P_c$      | Pérdidas de carga                              |
| d          | descenso o depresión   | n          | coeficiente exponencial                        |
| $d_p$      | descenso en pozo de bombeo                                   | $d_c$      | descenso teórico en pozo com-<br>pleto         |
| $d_i$      | descenso a una distancia ge-<br>nérica.                      |            |  |

# ORIGEN Y FORMACION DE LOS BASALTOS OLIVINICOS DEL VOLCAN " DUARTE " (LANZAROTE)

Por Octavio PUCHE RIART.

E.U.P. ALMADEN

## RESUMEN.

Tratamos de elaborar un modelo químico-físico del volcanismo de Lanzarote, determinando la situación y condiciones reinantes en la cámara magmática donde se generaron los basaltos depositados sobre determinadas zonas de la isla.

## INTRODUCCION.

Las Islas Canarias muestran un importante volcanismo fisural. Este tipo de emisiones aparecen de forma habitual, y sabemos que responden a un modelo tectónico concreto. Las grietas por las que han ascendido

los fluidos magmáticos coinciden en dirección con una serie de fracturas generadas, en el Atlas meridional, durante la orogenia alpina. Estamos ante los vestigios de un proceso compresivo, consumado por el empuje de la corteza oceánica, nacida en la dorsal mesoatlántica, contra el continente africano. De este modo, el magma ha aprovechado para su salida una serie de fallas, des-parramándose de forma lineal sobre la superficie de las islas (fig. 1).

Pese a que la edad de las fracturas está datada como miocena, éstas siguen funcionando como canales por donde se producen los aportes de las masas silicatadas fundidas. Recordemos la erupción del Teneguía, en la Isla de la Palma, el año 1.971.

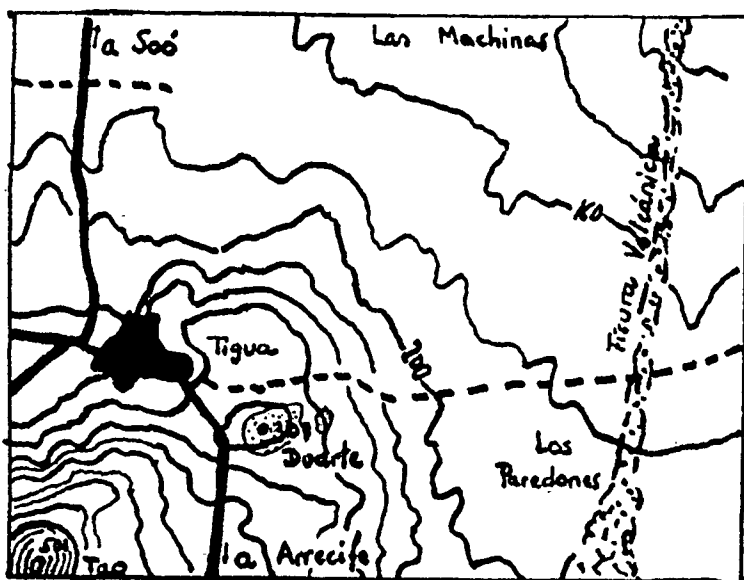


Fig. 1  
Volcanismo fisural  
(Lanzarote)

E. 1:50.000

## CALCULO DEL MODELO QUIMICO-FISICO.

Nuestro estudio se realizará en la parte norte de la Isla de Lanzarote. En este lugar se desarrolló una importante actividad volcánica, a mediados del siglo XVIII,

con las sucesivas erupciones del Timanfaya. Las últimas extrusiones que se dieron fueron las de Taó, Fuego y Tinguatón, en 1.824.

Hemos considerado una muestra de esta época; se trata de un basalto olivínico, del volcán Duarte, cuya composición ha sido

descrita en la literatura (RUMEAU y ARANA, 1.982) y que nosotros hemos corregido, de forma arbitraria, asignando al magma natural un porcentaje de agua de un 2%. Existen muy pocos datos disponibles sobre la composición de los magmas en estado fluido, siendo muy difícil cuantificar las pérdidas acuosas durante la erupción y en la cristalización, así como las de otros gases que pudieran aparecer disueltos dentro de la masa silicatada fundida.

Tratamos de determinar la densidad del magma en función de la composición que presente, así como de los volúmenes molares parciales de dichas componentes (BOTTINGA y NIELL, 1.970). Ambos autores, recopilando mediciones sobre mezclas binarias y ternarias de silicatos realizadas por otros científicos, llegaron a la conclusión que los volúmenes molares parciales de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  permanecen constantes en el intervalo comprendido entre el 40 y 80% de volumen molar parcial de  $\text{SiO}_2$  y que los coeficientes de expansión térmica no varían entre 1.200 y 1.700°C., estableciendo una fórmula para el cálculo de la densidad:

$$\rho = \frac{\sum X_i \cdot \frac{M_i}{V_i}}{\sum X_i}$$

donde  $\rho$  es la densidad,  $X_i$  es la fracción molar de la componente  $i$ ,  $V_i$  es el volumen molar parcial de dicha componente y  $M_i$  es el peso molecular-gramo.

Para la aplicación de la ecuación anterior necesitamos conocer los volúmenes molares parciales de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Los tres primeros fueron calculados, por los autores mencionados, mediante procesos analógicos. Nosotros hemos determinado el volumen molar parcial de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por comparación con el de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , obteniendo unos valores que suponemos se aproximan bastante a la realidad. Los volúmenes molares parciales de agua los podríamos deducir si conociésemos las condiciones naturales de presión y temperatura (BURNHAM y DAVIS, 1.969), de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\bar{V}_{\text{H}_2\text{O}} = 24,7 + 7,0 \cdot 10^{-3} (T - 900) - 1,5 P + 3,4 \cdot 10^{-2} P^2 - 1,4 \cdot 10^{-2} P^3$$

donde  $\bar{V}_{\text{H}_2\text{O}}$  se da en cc.mol,  $T$  es la temperatura en °C. y  $P$  la presión en Kbares. De todas formas, hemos considerado válidos los valores obtenidos, mediante esta ecuación, pese a que los porcentajes molares de agua existentes en nuestro magma son inferiores a los manejados por estos autores en sus experimentos.

Aplicando los datos mencionados hasta el momento presente, podemos observar que nos encontramos ante una ecuación con tres variables, luego necesitamos algunos datos más, para el cálculo de la densidad, salvo que consideremos el magma libre de volátiles.

En la tabla I han sido recopilados los datos necesarios para el cálculo de la densidad.

Tabla I.- Cómputo de datos necesarios para el cálculo de la densidad, con un 2% de  $\text{H}_2\text{O}$  y en el caso de un magma libre de volátiles. Los volúmenes molares parciales de  $\text{H}_2\text{O}$  vendrán expresados por la fórmula de BURNHAM y DAVIS (\*).

| Componentes             | $\bar{V}_m$ (1400°C.) en cc.mol <sup>-1</sup> | $\alpha$ en °C.     | $\bar{V}_m$ (1200°C.) en cc.mol <sup>-1</sup> | % peso (2% $\text{H}_2\text{O}$ ) | $X_i$ | % peso (0% $\text{H}_2\text{O}$ ) | $X_i$ |
|-------------------------|---|---------------------|---|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| $\text{SiO}_2$          | 26,80   | $0,9 \cdot 10^{-5}$ | 26,80   | 43,79                             | 43,26 | 44,68                             | 46,27 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 37,96   | $2,6 \cdot 10^{-5}$ | 37,95   | 11,74                             | 6,84  | 11,98                             | 7,28  |
| $\text{MgO}$            | 11,60   | $24 \cdot 10^{-5}$  | 11,55   | 12,04                             | 17,74 | 12,29                             | 18,97 |
| $\text{CaO}$            | 16,50   | $28 \cdot 10^{-5}$  | 16,44   | 11,79                             | 12,46 | 12,03                             | 13,37 |
| $\text{FeO}$            | 12,80   | $16 \cdot 10^{-5}$  | 12,77   | 6,64                              | 5,46  | 6,78                              | 5,85  |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 28,90   | $24 \cdot 10^{-5}$  | 28,85   | 2,86                              | 2,75  | 2,92                              | 2,92  |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 46,00   | $24 \cdot 10^{-5}$  | 45,94   | 1,11                              | 0,71  | 1,13                              | 0,75  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 52,02   | $2,6 \cdot 10^{-5}$ | 52,01   | 4,61                              | 1,90  | 4,70                              | 2,05  |
| $\text{MnO}$            | 14,00   | $24 \cdot 10^{-5}$  | 13,95   | 0,17                              | 0,12  | 0,17                              | 0,12  |
| $\text{TiO}_2$          | 21,00   | $24 \cdot 10^{-5}$  | 20,95   | 2,43                              | 1,78  | 2,48                              | 1,87  |
| $\text{P}_2\text{O}_5$  | 62,33   | $8 \cdot 10^{-5}$   | 62,32   | 0,82                              | 0,42  | 0,84                              | 0,50  |
| $\text{H}_2\text{O}$    | *   | *                   | *   | 2,00                              | 6,59  | 0,00                              | 0,00  |

En el caso en que tengamos un magma libre de volátiles consideraremos los valores estimados de acuerdo con la Tabla I, obteniéndose una densidad de 2,67 gramos por centímetro cúbico, a la temperatura de 1.200°C., e idéntico valor a 1.400°C.

La elección de estas temperaturas se debe a que pensamos que, en condiciones adiabáticas, las rocas básicas funden en dicho intervalo térmico, aunque en ocasiones puedan ser rebajados estos valores, en función de la composición originaria del magma.

Por otro lado, consideraremos un gradiente térmico de 1°C cada 30 metros, tal y como se deduce de los datos del sondeo de investigación geotérmica Lanzarote-1, realizado por el I.G.M.E., en el que se alcanzaron los 90°C a 2.700 metros de profundidad y donde nosotros hemos supuesto una variación térmica lineal.

Conocida la densidad es posible el cálculo de las condiciones de presión reinantes en la cámara magmática. De acuerdo con los principios fundamentales de la mecánica de fluidos, para que se produzca la emisión lávica, la presión de confinamiento sufrida por el magma deberá ser ligeramente superior a la presión hidrostática.

En el caso de que el fluido alcance el equilibrio hidrostático, la presión vendrá determinada por la fórmula siguiente:

$$P = P_0 + d' g z$$

donde  $P_0$  es la presión atmosférica,  $d'$  es la densidad,  $g$  la aceleración de la gravedad y  $z$  la diferencia de cotas entre el cono volcánico y la cámara.

Teniendo en cuenta el valor del gradiente geotérmico, las temperaturas límites del intervalo considerado se alcanzan entre 40 y 46,67 Km. por debajo del nivel hidrostático, esto es a unos 39,6 y 46,3 Km. de profundidad, si la referencia es el nivel del mar.

Introduciendo los valores pertinentes en la fórmula anterior obtendremos una presión de 10,68 kilobares, en el caso de fusión a 1.200°C, y de 12,46 kilobares, con 1.400°C.

Hasta ahora hemos operado con un fluido carente de agua. La presencia de elementos volátiles tenderá a hacer disminuir los valores de la densidad del fluido magmático.

Considerando la presencia de un 2% de agua y utilizando las tres fórmulas descritas, obtenemos una ecuación de cuarto grado, para temperaturas de 1.200°C.

$$0,00923 P^4 - 0,55 P^3 + 9,89 P^2 - 2350,35 P + 23713,16 = 0$$

de donde deducimos una presión de 10,35 kilobares y una densidad de 2,58 gramos por centímetro cúbico.

En el caso de 1.400°C tendremos la ecuación siguiente:

$$0,00923 P^4 - 0,55 P^3 + 9,89 P^2 - 2360,76 P + 27665,35 = 0$$

obteniéndose una presión de 12,1 kilobares y una densidad de 2,57 gramos por centímetro cúbico.

### CONCLUSIONES.

Este método es un primer paso hacia la determinación de las condiciones reales existentes en las cámaras magmáticas, de tal forma que puede sufrir una serie de correcciones en busca de su perfeccionamiento.

Hemos considerado el magma, en conjunto, como un fluido, pero no hemos tenido en cuenta los procesos de diferenciación magmática existentes. Los valores densimétricos obtenidos parecen indicar un hundimiento progresivo de los minerales más pesados, tal y como ocurre con el olivino, piroxenos y anfíboles, mientras que la plagioclasa permanecería en equilibrio en el seno del líquido.

La presencia de cantidades importantes de olivino, en las rocas basálticas del volcán Duarte, nos lleva a pensar en un proceso de fusión y ascenso rápido, donde no ha habido tiempo suficiente para que se desarrollen los procesos de concentración gravimétrica, así como la asimilación de elementos procedentes de la roca encajante.

En función de los cristales de plagioclasa inmersos en el líquido es posible estimar la temperatura de fusión del magma (KUDO y WEILL, 1.970), concretando mejor el modelo descrito.

La estimación acuosa del 2% supera ampliamente las tenidas en cuenta por otros autores, con la consiguiente disminución de los valores de la densidad, pero los posibles errores cometidos en el cálculo del modelo

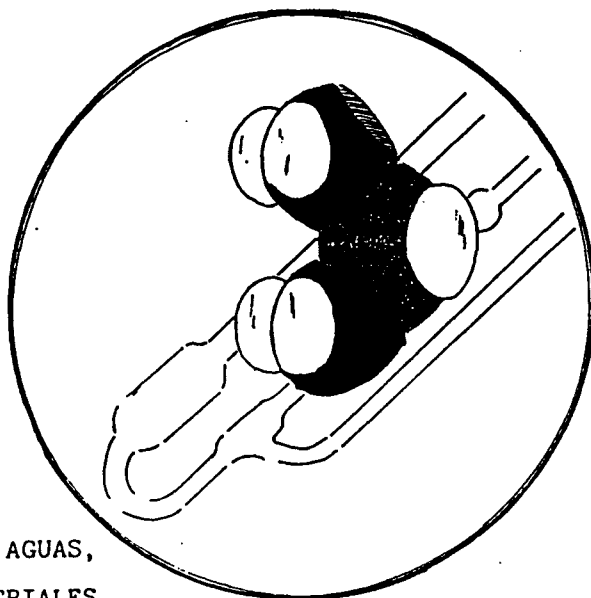
estructurado son poco significativos, tal y como se deduce de las cifras obtenidas.

#### BIBLIOGRAFIA.

- BOTTINGA, Y. y WEILL, D.F. Densities of liquid silicate systems calculated from partial molar volumes of oxide components. Am. Jour. Sci., Vol. 269, pp. 169-182, (1.970).
- BURNHAM, C.W. y DAVIS, N.F. Partial molar volume of water in albite melts. Am. Geophys. Union Trans., Vol. 25, pp. 52-65, (1.970).
- RUMEU, A. y ARAÑA, V. Diario pormenorizado de la erupción volcánica de Lanzarote en 1.824. Est. Atlánticos, nº 28, pp. 15-61, (1.982).

# CHEMILAB

GRUPO DE INVESTIGACION QUIMICA



ANALISIS DE AGUAS,  
ROCAS INDUSTRIALES,  
CARBONES Y FERTILIZANTES

Universidad de Castilla-la Mancha  
Escuela Universitaria Politécnica de Almadén  
Plaza Manuel Meca, nº 1 tño: 71 10 96  
13400 Almadén (Ciudad-Real)

# NOTICIAS

## PROSPECCION ARQUEOFISICA.

El Grupo Geológico y Minero de la E.U.P. de Almadén, constituido por los profesores D. José M<sup>a</sup> Iraizoz Fernández, D. Octavio Puche Riart y D. Luis Mansilla Plaza, ha efectuado con éxito, durante el último mes de Junio, una prospección geofísica en el yacimiento arqueológico de Los Torojones de Morcuera, en la provincia de Soria.

El yacimiento estaba formado por cabañas derruidas de barro cocido y silos, enterrados bajo el suelo de descalcificación de calizas ruscinienses, pertenecientes a la Edad de Hierro. Las anomalías geoelectricas han puesto en evidencia la situación de las construcciones, ahorrando tiempo en excavaciones inútiles al equipo de D. Alfredo Jimeno, del Colegio Universitario de Soria.

Esperemos que en un futuro progresen las colaboraciones científicas entre profesionales de ambos centros para el logro de descubrimientos importantes.

## HOMENAJE AL PROFESOR D. JOSE M<sup>a</sup> RIOS.

El 7 de Mayo se ha celebrado, con gran asistencia de público, un homenaje a nuestro querido compañero el profesor D. José M<sup>a</sup> Ríos, ex-catedrático de Geología de la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid. Nosotros, desde la Revista Geología y Minería, nos unimos emotivamente a dicho acto.

## NUESTRO COLABORADOR JOSE MARIA MATA, CATEDRATICO.

Nuestro compañero José María Mata, de la Escuela de Minas de Manresa, ha superado las pruebas de acceso al puesto de Catedrático, en el área de Mineralogía. Vaya para él nuestra más sincera enhorabuena.

## I ENCUENTRO NACIONAL DE TECNICAS DE INVESTIGACION MINERA APLICADAS A LA ARQUEOLOGIA.

Organizado por el Grupo Arqueofísico de La Rábida (Huelva) y el Grupo Geológico y Minero de Almadén, se va a celebrar en los locales de la E.U.P.A., a finales de Noviembre, el I Encuentro Nacional de Técnicas de Investigación Minera Aplicadas a la Arqueología, junto con una exposición dedicada a los métodos geofísicos empleados en Arqueología, representando variados casos.

## XIII CONGRESO MUNDIAL DE LA MINERIA.

El XIII Congreso Mundial de la Minería se celebrará en el Centro Internacional de Ferias y Congresos de Estocolmo, del 1 al 5 de Junio de 1.987, organizado por la Asociación Minera de Suecia, la Asociación Finlandesa de Ingenieros de Minas y Metalurgia, la Confederación Noruega de Empresas Mineras y el Comité Internacional de Organización del Congreso Mundial de la Minería.

Desde Geología y Minería daremos información puntual sobre el desarrollo de este acontecimiento. Información en la Secretaría del Congreso.

Universidad de Lulea.  
S-95187 Lulea (Suecia).

## TECOMIN-86.

En Lima (Perú) se va a celebrar la V Feria Internacional para la Industria Minera, del 23 al 30 de Noviembre de 1.986.

Las exposiciones se desarrollarán en el recinto de la Feria Internacional del Pacífico.

Para más información:  
Secretaría de Tecomin-86  
Apartado (P.O.B.) 4.900  
Lima (Perú).

#### INTERNATIONAL MINING SHOW.

El Show Internacional de Minas se ha celebrado en Las Vegas (U.S.A.) del 6 al 9 de Octubre del presente año, con gran éxito de público, corriendo su organización a cargo del American Mining Congress.

#### XI CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE MINERALES PRECIOSOS.

El Precious Metal Institute ha organizado, del 14 al 18 de Junio de 1987, en Bruselas, la XI Conferencia Internacional sobre minerales preciosos, tratándose junto a temas comerciales los de prospección y explotación.

Para mayor información, dirigirse a:  
Mr. G. Vermeylen  
Technical Programme Chairman, 11th IPMI Conference, Metallurgie Hoboken-Overpelt,  
A. Graefstraet 14,  
B-2710 HOBOKEN (Bélgica).

#### JORNADAS TÉCNICAS DE FINOS MINERALES Y METALÚRGICOS.

La Sección Técnica Metalúrgica Emilio Jimeno del A.N.Q.U.E., en colaboración con la Dirección General de Minas, ha organizado estas reuniones, donde profesionales de países y campos de conocimiento distintos intercambian problemas y experiencias sobre el tratamiento de los finos.

Las fechas de celebración son 1, 2 y 3 de Diciembre de 1986, en Madrid.

La cuota de inscripción son 30.000 pts. que deberá enviarse antes del 25 de Noviembre a nombre de:

A.N.Q.U.E. Curso de Operaciones y Procesos en Hidrometalurgia.

Lagasca, 85 - 1º Dcha.  
28006 Madrid.

## HUMOR



# PAGINA DE INGLES

Por Ma Concepción AVILERO NIETO  
E.U.P. ALMADEN

**ANATASE:** Anatasa, octaedrita: Mineral de titanio ( $\text{TiO}_2$ ). Forma pequeños cristales tetragonales de color pardo, amarillento, azul u otros colores; raya incolora o amarillo pálido; brillo metálico o adamantino.

**ANCHOR:** Ancla: Estaca o poste al cual se amarran los vientos que sostienen en alto la torre de perforación. También, tramo de tubo que sirve de extensión al entubamiento para mantenerlo firme durante el bombeo.

**ANDALUSITE:** Andalucita: Silicato de aluminio,  $\text{SiO}_2\text{Al}_2$ , que cristaliza en el sistema rómbico, de peso específico 3'1, dureza 7'5 y de color rojizo. Cuando se presenta en grandes concentraciones se explota para fabricar porcelanas refractarias y para obtener aluminio.

**ANDESINE:** Andesina: Mineral del grupo de las plagioclasas, cuya composición puede expresarse por  $\text{Ab}_{(70-50)}\text{-An}_{(30-50)}$ , siendo Ab la molécula de albíta y An la de anortita.

**ANDESITE:** Andesita: Roca neovolcánica constituida por plagioclasa (la más frecuente es la andesina) y por minerales máficos (biotita, anfíboles y piroxenos).

**ANGER:** Broca, barrena: Herramienta manual empleada en minería para hacer sondeos y practicar los orificios de los barrenos.

**ANGLE METER:** Goniómetro: Instrumento que sirve para medir ángulos, y en especial es utilizado en cristalografía para medir el ángulo que forman entre sí las caras de los cristales.

**ANGLISITE:** Anglesita: Sulfato de plomo,  $\text{PbSO}_4$ , que cristaliza en el sistema rómbico, de peso específico 6'3, dureza 2'5 a 3, frecuente en la zona de oxidación de los yacimientos de plomo, aunque no presenta importancia práctica.

**ANNEALING:** Recocido, revenido: Tratamiento térmico que se da a los aceros después del temple con objeto de disminuir su dureza y resistencia, aumentar su tenacidad y eliminar las tensiones internas. Consiste en calentar el acero a una temperatura por debajo de la crítica

inferior y enfriarlo después al aire, en aceite o en agua, según su composición.

**ANODE CARBON:** Carbón de alta pureza, normalmente cristalizado en forma de grafito y ampliamente utilizado en la industria del aluminio, en arcos eléctricos y en reactores nucleares.

**ANORTHITE:** Anortita: Silicato de aluminio y calcio,  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , que cristaliza en el sistema triclinico. Es el término básico de la serie de las plagioclasas.

**ANTICLINE:** Anticlinal: Repliegue convexo como una silla de montar que forman los sistemas de estratos, cada vez más modernos desde el núcleo a los flancos.

**APATITE:** Apatita: Fosfato de calcio,  $(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$   $\text{FCa}_5$ , que cristaliza en el sistema hexagonal, de peso específico 3'1, dureza 5, incoloro o con diversas coloraciones debidas a las impurezas que puede contener. Se utiliza para la obtención de derivados del fósforo, que se usan como fertilizantes en la agricultura y en la industria química.

**ARAGONITE:** Aragonito: Carbonato de calcio,  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , de peso específico 2'9, dureza 3'5 a 5, color blanco o amarillento y de brillo vítreo.

**ARC SHOOTING:** Detonación para o en arco: exploración sísmica en que los detectores se distribuyen en arco.

**ARCHEAN:** Arcaico: Subsistema inferior del precámbrico.

**ARGENTITE:** Argentita: Sulfuro de plata,  $\text{SAg}_2$ , de color gris plomo, de dureza 2 y peso específico 7'3. Es una de las principales menas de plata, pudiendo contener hasta un 87'1% de este metal.

**ARGILLITE:** Argilita: Roca arcillosa que difiere de la arcilla esquistosa por su carácter metamórfico, y de la pizarra debido a que no hiede ni se divide de la misma manera.

**ARKOSE:** Arcosa: Arenisca de grano grueso constituida por cuarzo y feldespato. Se origina a partir de los materiales resultantes de la erosión de rocas graníticas. Se emplea en construcción y para empedrados.



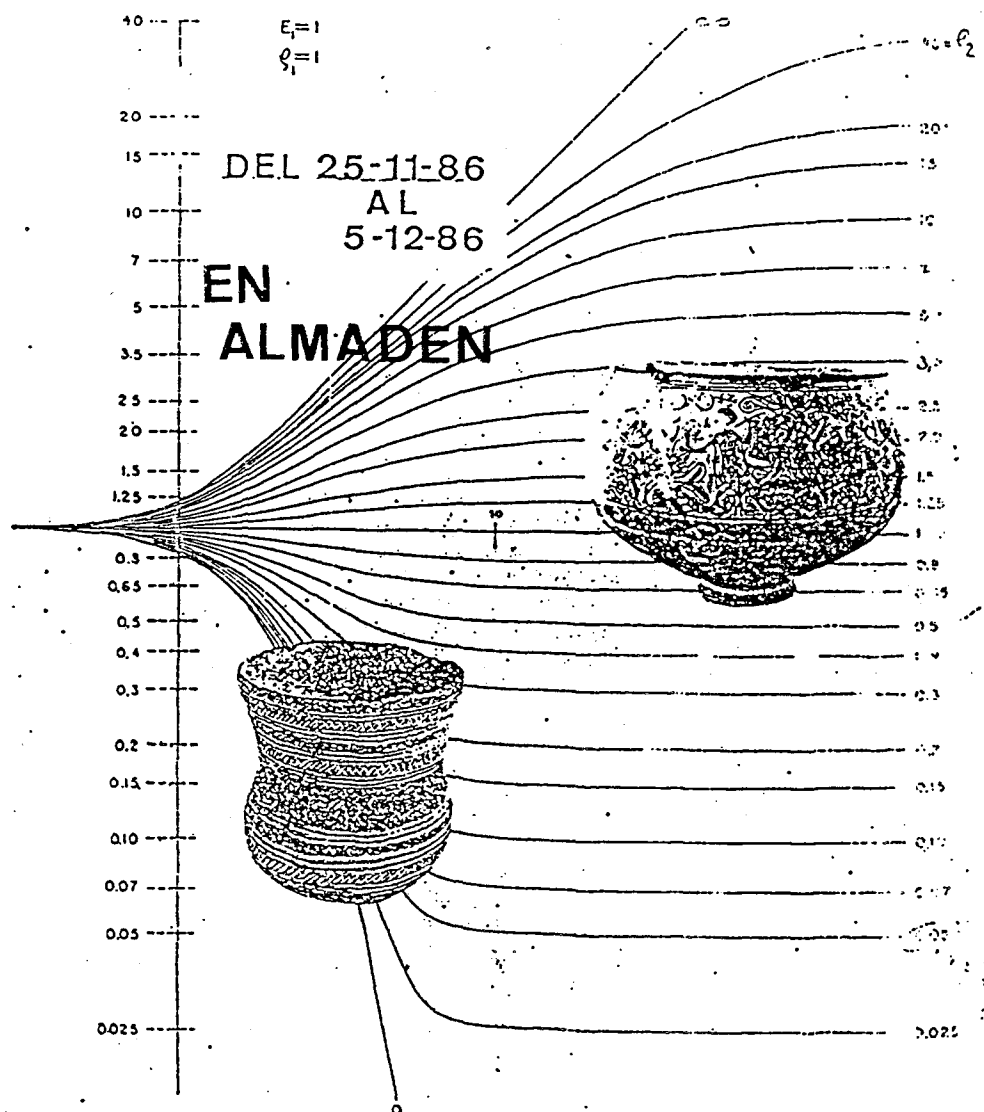


ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE MINAS  
DE MADRID

# Museo



# ENCUENTRO NACIONAL DE TECNICAS DE INVESTIGA- CION MINERA APLICADAS A LA ARQUEOLOGIA



ORGANIZAN: CATEDRAS DE INVESTIGACION  
MINERA, GEOLOGIA. Y LABOREO:  
DE MINAS DE LA E.U.P.A.

COLABORAN: GRUPO ARQUEOFISICO DE LA  
RABIDA (HUELVA)